

THÈSES

PRÉSENTÉES

À LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

(MENTION : SCIENCES)

PAR

V. STCHEPINSKY

2^e THÈSE : Les gisements pétrolifères d'Égypte.

Soutenues le 1938 devant la Commission d'examen :

21 MAI 1938
MM. L. JOLEAUD *Président,*
L. BARRABÉ } *Examineurs.*
A. RIVIÈRE. }



PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

1938

THÈSES

PRÉSENTÉES

À LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

(MENTION : SCIENCES)

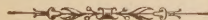
PAR

V. STCHEPINSKY

2^e THÈSE : Les gisements pétrolifères d'Égypte.

Soutenues le 1938, devant la Commission d'examen

MM. L. JOLEAUD.....	<i>Président,</i>
L. BARRARÉ.....	} <i>Examineurs.</i>
A. RIVIERE.....	



PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

1938

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS.

MM.

Doyen honoraire.....	M. MOLLIARD.
Doyen.....	C. MAURAIN, <i>Professeur</i> , Physique du Globe.
Professeurs honoraires.....	H. LEBESGUE, A. FERNBACH, ÉMILE PICARD, LÉON BRILLOUIN, GUILLET, PÉCHARD, FREUNDLER, AUGER, BLAISE, DANGEARD, LESPIEAU, MARCHIS, VESSIOT, PORTIER, MOLLIARD, LAPICQUE, G. BERTRAND, ABRAHAM, CH. FABRY, LÉON BERTRAND, WINTREBERT, DUBOSQ, BOHN.

PROFESSEURS

M. CAULLERY....T	Zoologie (Évolution des êtres organisés).	FOCH.....	Mécanique expérimentale des fluides.
G. URBAIN.....T	Chimie générale.	PAUTHENIER.....	Physique (P. C. B.).
ÉMILE BOREL.....T	Calcul des probabilités et Physique mathématique.	DE BROGLIE.....T	Théories physiques.
JEAN PERRIN.....T	Chimie physique.	CHRÉTIEN.....	Optique appliquée.
E. CARTAN.....T	Géométrie supérieure.	P. JOB.....	Chimie générale.
A. COTTON.....T	Recherches physiques.	LABROUSTE.....	Physique du Globe.
J. DRACH.....T	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.	PRENANT.....T	Anatomie et Histologie comparées.
CHARLES PÉREZ...T	Zoologie.	VILLEY.....	Mécanique physique et expérimentale.
E. RABAUD.....T	Biologie expérimentale.	COMBES.....T	Physiologie végétale.
M. GUICHARD.....	Chimie minérale.	GARNIER.....T	Mathématiques générales.
PAUL MONTEL...T	Théorie des fonctions et Théorie des transformations.	PÉRES.....	Mécanique théorique des fluides.
L. BLARINGHEM..T	Botanique.	HACKSPILL.....	Chimie (P. C. B.).
G. JULIA.....T	Mécanique analytique et Mécanique céleste.	LAUGIER.....T	Physiologie générale.
C. MAUGUIN.....T	Minéralogie.	TOUSSAINT.....	Technique Aéronautique.
A. MICHEL-LÉVY..T	Pétrographie.	M. CURIE.....	Physique (P. C. B.).
H. BÉNARD.....T	Mécanique expérimentale des fluides.	G. RIBAUD.....T	Hautes températures.
A. DENJOY.....T	Application de l'analyse à la Géométrie.	CHAZY.....T	Mécanique rationnelle.
L. LUTAUD.....T	Géographie physique et Géologie dynamique.	GAULT.....	Chimie (P. C. B.).
EUGÈNE BLOCH...T	Physique.	CROZE.....	Recherches physiques.
G. BRUHAT.....	Physique.	DUPONT.....T	Théories chimiques.
E. DARMOIS.....T	Enseignement de Physique.	LANQUINE.....T	Géologie structurale et Géologie appliquée.
A. DEBIERNE...T	Physique Générale et Radioactivité.	VALIRON.....	Mathématiques générales.
A. DUFOUR.....T	Physique (P. C. B.).	BARRABÉ.....	Géologie structurale et géologie appliquée.
L. DUNOYER.....	Optique appliquée.	MILLOT.....	Biologie animale (P.C.B.).
A. GUILLIERMOND T	Botanique.	F. PERRIN.....	Théories physiques.
M. JAVILLIER...T	Chimie biologique.	VAYON.....	Chimie organique.
L. JOLEAUD.....	Paléontologie.	G. DARMOIS.....	Calcul des probabilités et Physique-Mathématique.
ROBERT-LÉVY...T	Physiologie comparée.	CHATTON.....T	Biologie maritime.
F. PICARD.....	Zoologie (Évolution de êtres organisés).	AUBEL.....	Chimie biologique.
HENRI VILLAT...T	Mécanique des fluides et applications.	JACQUES BOURCART.	Géographie physique et Géologie dynamique.
CH. JACOB.....T	Géologie.	M ^{me} JOLIOT-CURIE.	Physique générale et Radioactivité.
P. PASCAL.....T	Chimie minérale.	PLANTEFOL.....	Biologie végétale (P. C. B.).
M. FRÉCHET...T	Calcul différentiel et calcul intégral.	CABANNES.....	Enseignement de Physique.
E. ESCLANGON...T	Astronomie.	GRASSÉ.....	Biologie animale (P. C. B.).
M ^{me} RAMART-LUCAS.T	Chimie organique.	PRÉVOST.....	Chimie (P. C. B.).
H. BÉGHIN.....T	Mécanique physique et expérimentale.		

Secrétaire..... A. PACAUD.
Secrétaire honoraire..... D. TOMBECK.



LES GISEMENTS PÉTROLIFÈRES D'ÉGYPTE

PAR

V. STCHEPINSKY

LICENCIÉ ÈS SCIENCES

INGÉNIEUR GÉOLOGUE

DIPLOMÉ DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DU PÉTROLE
ET DES COMBUSTIBLES LIQUIDES



Digitized by the Internet Archive
in 2026

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
I. <i>Introduction</i>	7
II. <i>Stratigraphie générale</i>	8
III. <i>Tectonique générale</i>	16
IV. <i>Gisements pétroliers</i>	19
1. Sinaï Septentrional.....	19
2. Habachi.....	21
3. Abou-Kitifa.....	22
4. Djebel Kochera.....	22
5. Oued Gharandel.....	23
6. Djebel Tanka.....	24
7. Oued Matulla.....	25
8. Djebel Nezzazat.....	25
9. Djebel Abou Durba.....	26
10. Ras Mohammed.....	27
11. Ras Gharib.....	28
12. Ras Dib.....	29
13. Zeitia.....	30
14. Ile de Ranim.....	31
15. Ras el Bahar.....	32
16. Ras Djemsah.....	32
17. Iles situées à l'Est de Djemsah.....	34
18. Abou-Chaar.....	36
19. Hurghada.....	37
20. Abou-Mingharh.....	39
21. Ile de Jiftoun Kebir.....	40
22. Dichet el Daaba.....	40
23. Côte occidentale de la Mer Rouge entre Safaga et Ranga..	40
V. <i>Pétrole</i>	41
VI. <i>Travaux de recherches et d'exploitation</i>	45
VII. <i>Conclusions</i>	50
VIII. <i>Bibliographie</i>	55

Mon Maître, M. le Professeur L. Barrabé, dont la compétence est bien connue en géologie pétrolière, a accepté de guider et de reviser mon travail. Je lui exprime ma profonde et respectueuse reconnaissance.

Je dois également mes remerciements respectueux à M. Ch. Bihoreau, Directeur des Services techniques de l'Office national des Combustibles liquides, animateur des recherches scientifiques et techniques dans le domaine du pétrole, de m'avoir encouragé dans ma tâche et d'avoir facilité la présente publication.

I. — INTRODUCTION.

La superficie totale de l'Égypte s'élève à environ 1.000.000 de kilomètres carrés dont 97 p. 100 sont occupés par le désert. Ces régions arides, inutilisables pour la culture, difficilement accessibles, s'avèrent, parfois, riches en minerais.

Les travaux d'exploration ne sont guère faciles à l'intérieur du pays et l'inventaire complet des ressources souterraines demanderait du temps et des crédits considérables, mais déjà les travaux entrepris sur les bords du Golfe de Suez et de la Mer Rouge ont donné naissance à l'industrie pétrolifère égyptienne sans compter la mise en valeur de gisements d'autres substances minérales.

Le suintement pétrolifère du djebel ZEIT situé au bord de la mer, sur la côte africaine, était déjà connu du temps des Romains (MONS PETROLEUS), mais les recherches pétrolières n'ont commencé qu'en 1868. Les missions géologiques et les travaux de forages ont permis de constater la présence de terrains pétrolifères dans une grande zone du Golfe de Suez et de la côte africaine de la Mer Rouge, ainsi qu'en Sinaï Septentrional.

Après des efforts considérables le premier champ productif a été reconnu, en 1909, à Djemsah. En 1914, l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd* a fait la découverte du gisement de HURGHADA qui est devenu la source principale de l'exploitation pétrolifère en Égypte.

Ces dernières années la production a commencé à diminuer, malgré les travaux de forage poursuivis par la compagnie.

Le Gouvernement a décidé, alors, de créer une nouvelle législation pétrolière, plus nette et plus avantageuse pour les sociétés susceptibles d'entreprendre des recherches de pétrole en Égypte. L'effet escompté ne s'est pas fait attendre : plusieurs compagnies américaines, anglaises, etc., ont demandé et obtenu une grande quantité de permis d'exploration allant depuis la côte méditerranéenne du Sinaï jusqu'à Ras Benas situé sur la côte africaine de la Mer Rouge (parallèle 24°). D'autres permis ont été accordés à l'Ouest du Nil, entre Alexandrie et Le Caire. Cette nouvelle région, éloignée des gisements du bassin de la Mer Rouge, ne sera pas traitée dans la présente étude.

L'œuvre considérable accomplie par le Gouvernement égyptien et par les compagnies étrangères pendant la période écoulée se traduit non seulement par la création de l'industrie pétrolière égyptienne, mais aussi par l'amélioration de voies de communications dans les zones côtières désertiques et par l'immense matériel scientifique qui a enrichi nos connaissances géologiques de ces contrées difficilement accessibles malgré leur position côtière, par suite de l'extrême rareté de points d'eau et de la présence de récifs coralliens.

II. — STRATIGRAPHIE GÉNÉRALE.

La succession des terrains géologiques composant le sous-sol des régions pétrolifères d'Égypte est bien connue grâce aux recherches systématiques entreprises par le Gouvernement et exécutées par des géologues spécialisés dont les noms sont bien connus (voir bibliographie). Il n'en est pas de même en ce qui concerne la corrélation avec les divisions stratigraphiques générales; le (ou « les ») grès de Nubie et la Formation lagunaire tertiaire, presque dépourvus de fossiles, mis à part, la discussion continue au sujet d'autres terrains, très riches en fossiles et contenant des espèces prédominantes citées par les auteurs à peu près dans tous les districts de la région où leur niveau est visible, comme, par exemple : *Apolymetis papyracea* GMELIN (plus connu sous le nom de *Tellina lacunosa* CHEMNITZ), *Pecten Vasseli* FUCHS, *Laganum depressum* AGASSIZ, etc. La première de ces espèces considérée par tel géologue comme spécifiquement miocène et méditerranéenne est

reconnue par un autre comme cosmopolite et sans valeur stratigraphique (Miocène-Actuel). La deuxième espèce est classée tantôt au Miocène, tantôt au Quaternaire par le même géologue. Il faut dire que la question de Paléobiogéographie joue un rôle important dans la région qui nous occupe, car il s'agit de la séparation du Bassin méditerranéen de l'Océan Indo-Pacifique avec l'invasion du Golfe de Suez, autrefois Golfe de la Méditerranée, par la faune érythréenne venant du Sud de la Mer Rouge.

La série stratigraphique du Bassin de la Mer Rouge est caractérisée par deux traits importants : 1° La *grande lacune* séparant le Cristallin du Miocène dans les zones d'anticlinaux primitifs et qui ne correspond pas seulement à une interruption dans la sédimentation marine, mais qui semble due aussi à une érosion intense ayant fait disparaître, durant l'Oligocène, le Crétacé et l'Éocène des crêtes anticlinales antémiocènes; 2° Les *variations du faciès* d'un même niveau dans les diverses parties de la région; cette variation s'observe plus ou moins régulièrement dans le cas du grès de Nubie dont le faciès envahit de plus en plus le Crétacé en allant de la Méditerranée actuelle vers la Mer Rouge; on peut en juger d'après l'âge des premières formations de marnes et calcaires fossilifères du Crétacé postérieur au faciès du grès de Nubie (*Barrémien* dans le Sinaï Septentrional, *Campanien* sur la côte occidentale de la Mer Rouge, au Sud de la latitude 26°). Les variations de faciès sont brusques et multiples dans les terrains *néogènes* du Golfe de Suez et de la côte occidentale de la Mer Rouge, ce qui s'explique par des oscillations locales des bords de la mer néogène; l'origine de la *Formation lagunaire* (série de lagunes séparées) est en rapport avec ses mouvements relativement récents. Tel terme de la période néogène, lagunaire en un point, peut être remplacé par son équivalent littoral ou fluvial ou manquer totalement dans un autre endroit (transgression miocène sur les îles à noyau cristallin dénudé).

Le manque de corrélation stratigraphique pour certains terrains, la grande lacune prémiocène et les variations latérales du faciès rendent l'établissement de la série stratigraphique générale très difficile. Je vais essayer de grouper, d'une manière générale, les données stratigraphiques observées dans divers districts de la zone pétrolifère en réservant pour le chapitre V les descriptions locales basées sur les travaux des géologues égyptiens et étrangers dont les noms sont indiqués dans la Bibliographie.

Archéen. — Le substratum général de toute la région pétrolifère est représenté par le massif ancien granitique. Les roches cristallines qui se trouvent à la base de la série sédimentaire appartiennent au groupe de granites. Leur âge précambrien découle de l'absence de toute trace de métamorphisme à leur contact avec les roches sédimentaires. Ce contact est généralement marqué par une couche arénacée provenant de l'érosion du granite. Cette description ne concerne que les zones côtières.

Trias-Lias. — Il s'agit de l'un des « Grès de Nubie » des auteurs. Le grès dur et ferrugineux sans fossiles est moins homogène vers le sommet où les intercalations de calcaires deviennent de plus en plus fréquentes et contiennent des fragments de fossiles (passage vers le Bajocien fossilifère). La question « du » ou « des » grès de Nubie (terme créé par Russegger en 1837 pour un grès triasique ou crétacé) a été suffisamment discutée pendant les cent dernières années (pour l'historique, voir F. Moon et H. Sadek [38], p. 35-38). Il en résulte que le nom de « grès de Nubie » doit être abandonné en tant que terme stratigraphique, mais conservé comme terme lithologique pour divers étages depuis le Carbonifère jusqu'au Sénonien (question de faciès). Certes, la constitution pétrographique de cette formation varie un peu, mais les caractères généraux restent les mêmes. Le « grès de Nubie » certainement antérieur au Bajocien ne se rencontre qu'au dj. Moghara (dans les limites de la région envisagée dans la présente étude). Partout ailleurs, il s'agit d'un grès de Nubie intercalé entre le granite de base et l'un des étages du Crétacé. Le problème concernant l'âge de cette formation devient, alors, à peu près insoluble, sauf en ce qui concerne la partie supérieure du grès qui est, d'ailleurs, très intéressante au point de vue pétrolifère.

Bajocien. — Cet étage, représenté au dj. Moghara, est inconnu dans d'autres districts. L'alternance de calcaires et de grès est suivie d'une formation calcaire avec marnes intercalées. La faune représentée par des Térébratules à la base devient riche en Ammonites plus haut (*Coeloceras Humphriesi* SOWERBY, puis *Oppelia subradiata* SOWERBY, ainsi que divers *Phylloceras*, etc.).

Bathonien-Callovien. — Des calcaires et marnes qui, par l'ensemble de leur faune, appartiennent au Bathonien-Callovien sont également visibles au dj. Moghara. La faune est représentée par des

Lamellibranches et Gastéropodes; les marnes sont riches en Brachiopodes (*Eudesia cardium* LAMARCK caractéristique du Bathonien sup.); le sommet contient des Polypiers et des Oursins.

Oxfordien. — C'est toujours autour du massif du dj. Moghara que les marnes et calcaires oxfordiens sont connus en affleurement. Les calcaires qui semblent être à la base, contiennent des Bélemnites (*B. hastatus* BLAINVILLE); les marnes sont riches en d'autres fossiles (*Perisphinctes variocostatus* BUCKLAND = *P. Martelli* OPPEL...; Lamellibranches, Brachiopodes, Echinodermes).

Jurassique sup. — Le Jurassique se termine, au dj. Moghara, d'une manière peu nette. La faune des calcaires dolomitiques est rapportée par M. Fourtau au Lusitanien. M. H. Douvillé y signale un exemplaire de *Lytoceras strambergensense* OPPEL (espèce tithomique). La limite du Jurassique et du Crétacé est masquée au dj. Moghara par des alluvions.

Le Jurassique que je viens de décrire n'existe que dans la région du dj. Moghara (Sinaï Septentrional). Le Crétacé est, par contre, représenté dans des nombreux districts pétroliers d'Egypte.

Crétacé inférieur. — Aucun niveau fossilifère n'est connu à la base du Crétacé qui commence par un grès sans fossiles appartenant au type de « grès de Nubie ». Certains auteurs l'appelle même « Grès de Nubie ». MM. Moon et Sadek ([38], p. 37-38) ont proposé le nom de *Lower Cretaceous Sandstone* pour désigner ce grès précénomien. Ceci est juste pour le Sinaï Septentrional et quelques autres régions, mais, comme cela a été indiqué, le grès de Nubie n'est qu'un faciès qui monte dans le système crétacé au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la Méditerranée en direction S. E. et atteint, à la fin, le Sénonien. La formation, surtout gréseuse, contient des schistes à divers niveaux, ainsi que des intercalations de charbon et de lignites (dj. Tanka) ou de schistes carburés (oued Matulla). Elle est caractérisée par ses couleurs vives.

Le Crétacé inférieur est, par exception, fossilifère au dj. Moghara (Sinaï Septentrional) à partir du Barrémien (H. Douvillé [18]). Les fossiles permettent d'y reconnaître le Barrémien (*Lytoceras recticostatum* D'ORBIGNY), l'Aptien (*Belemnites aptiensis* STOLLEY in KILIAN, *Puzosia Matheroni* D'ORBIGNY) et l'Albien qui appartient déjà au Crétacé moyen. La base de cette série est formée de grès à

couleurs vives et de marnes très riches en Trigonies (*T. pseudo-crenulata* NOETLING); le sommet est calcaire et marneux. L'Albien contient : *Douvilleiceras mamillare* SCHLOTHEIM, *Desmoceras Beudanti* BRONGNIART, etc. Les oolithes ferrugineux des calcaires deviennent plus rares au sommet (Albien).

Cénomanien. — Les terrains appartenant au Crétacé moyen et supérieur ont été érodés et enlevés en plusieurs endroits de la région (sur la côte africaine surtout). L'exemple du dj. Zeit montre qu'il ne s'agit pas d'une lacune de sédimentation : le Crétacé fossilifère présent dans la partie nord du massif cristallin, fait défaut à son extrémité sud. L'érosion a eu lieu avant l'arrivée de la mer miocène. L'absence du Cénomanien fossilifère au S. E. (Mer Rouge, parallèle 26°), s'explique par le faciès du grès de Nubie qui remonte jusqu'à cet étage (et même plus haut) dans cette partie de la région. Le Cénomanien contient souvent, à la base, quelques intercalations gréseuses formant passage avec le grès sous-jacent. Le reste est marno-calcaire avec prédominance de calcaires au sommet. *Ostrea Mermeti* COQUAND est le fossile le plus répandu de l'étage. On y trouve également : *Exogyra flabellata* GOLDFUSS, *Ostrea africana* LAMARCK (Vraconien), etc. L'étage contient parfois quelques intercalations de lignite (dj. Tanka).

Turonien. — Cet étage accompagne généralement le Cénomanien et se compose, comme ce dernier, de calcaires et de marnes. La distinction n'est pas toujours facile. Le calcaire, qui prédomine, est souvent riche en Rudistes (*Hippurites Grossouvrei* DOUVILLÉ, *Durania Humei* DOUVILLÉ) et contient aussi des Oursins. La base est parfois gréseuse (oued Matulla).

Sénonien inférieur. — La partie inférieure du Sénonien n'est visible qu'en Sinaï où elle se compose de marnes avec calcaires crayeux (inconnus dans les étages plus anciens) et intercalations de grès et de schistes carburés. La faune est surtout représentée par des Echinides et *Ostrea Costei* COQUAND. Les grès intercalés entre le Cénomanien et le Campanien au Ras Dib (côte africaine) se rapportent, peut-être, en partie au Sénonien inférieur.

Campanien. — Le Campanien se rencontre sur les deux bords du Golfe de Suez et sur la côte africaine de la Mer Rouge. Il comprend des calcaires crayeux et des marnes avec schistes carburés (plantes, traces de charbon). *Ostrea vesicularis* LAMARCK est

le fossile le plus répandu de cet étage. Sur la côte de la Mer Rouge (parallèle 26°) le Campanien contient quelques couches de phosphate et de grès (Poissons et Reptiles dans les phosphates).

Maestrichtien. — Dans les limites de la région pétrolifère, le Maestrichtien est développé le long de la côte du Sinaï Occidental entre l'o. Gharandel et Tor situé au Sud d'Abou Durba ainsi que dans la zone plus éloignée de la côte, au Sinaï Septentrional. Sa présence a aussi été constatée au Nord du dj. Zeit, sur la côte africaine (marnes avec rares calcaires et *Pecten farafrensis* ZITTEL). Pratiquement, les formations marneuses comprises entre le Campanien et l'Éocène inférieur à Alvéolines doivent être considérées, dans leur ensemble, comme zone de passage entre le Crétacé et l'Éocène. La base contient des bancs de calcaire crayeux blanc, le sommet est surtout marneux (« Schistes d'Esneh »). En Tunisie, ce « passage » est connu sous le nom de « Marnes dites suessoniennes ».

Eocène. — La présence de l'Éocène dans les districts pétrolifères est intimement liée à la répartition des massifs cristallins : il est absent dans les zones de plis à noyau granitique (érosion pré-miocène); on peut supposer sa conservation au fond des grands synclinaux parallèles aux anticlinaux à noyau cristallin. C'est le cas de la côte africaine. L'Éocène est, par contre, très bien représenté sur la côte du Sinaï Occidental (partie nord du Golfe de Suez); sa présence a aussi été constatée en Sinaï Septentrional, entre la zone miocène à l'Ouest et la zone crétacée à l'Est, ainsi que sous le Miocène au bord des Lacs Amers (Canal de Suez). Le Nummulitique n'est pas toujours complet (érosion ancienne). Sa coupe générale se présente comme suit (de bas en haut) : calcaires à Alvéolines et petites Nummulites précédés d'un calcaire siliceux sans fossiles; calcaire à *Nummulites gizehensis* FORSKÅL (Lutétien); calcaires crayeux et marnes à Cardites (*C. Viquesneli* d'ARCHIAC et HAIME); marnes vertes glauconieuses riches en Mollusques et Poissons avec calcaire corallien à la base et calcaire crayeux au sommet; marnes à gypse alternant avec du calcaire (Mollusques ainsi que Polypiers et Poissons); marnes et calcaires sans fossiles (= « Couches de Tanka »); marnes rouges à *Nummulites Beaumonti* d'ARCHIAC. Le groupe inférieur est calcaire, la partie supérieure (Bartonien-Priabonien) est surtout marneuse.

Oligocène. — L'époque oligocène correspond à une lacune importante et générale (voir « Tectonique Générale »).

Miocène. — Les dépôts miocènes commencent par des couches transgressives à *Ostrea crassissima* LAMARCK, d'âge variable suivant la région. La transgression a été suivie d'un faciès profond, puis d'une phase lagunaire qui s'est établie sur les bords de la mer miocène des deux côtés du Golfe de Suez actuel. La zone côtière (régions pétrolifères) a subi l'effet des oscillations locales; les lagunes ne communiquaient pas toujours entre elles; les lits de galets intercalés indiquent la présence de dépôts fluviatiles. En somme, la coupe du Miocène est très variable et ses divers termes recouvrent directement, suivant la région, les terrains allant du granite précambrien jusqu'à l'Eocène. La transgression générale a commencé au Burdigalien (conglomérat de base). Le faciès des Marnes à Globigérines correspond à la base de l'Helvétien Couches à *Aturia aturi* BASTEROT = « Schlier » du Bassin de Vienne). La Formation lagunaire est surtout gypseuse au début et marno-gypseuse (alternances) vers la fin; les deux parties sont séparées, parfois, par une couche graveleuse; l'ensemble est riche seulement en Diatomées, sans autres fossiles, en général. Cette formation est surtout épaisse dans les grands synclinaux de la « tectonique profonde » (voir chapitre III). Les niveaux à Diatomées des lagunes isolées ne se correspondent pas toujours. L'alternance de gypses et de marnes est très régulière sur la côte du Sinaï Occidental (région de l'oued Gharandel).

Cette succession de faciès ne représente que l'histoire géologique générale du Miocène de la Mer Rouge. Elle est plus ou moins complète suivant que la région considérée correspondait aux bas fonds ou à la zone côtière de la mer miocène, à divers moments. Les passages latéraux sont très fréquents; la base peut être représentée : par des conglomérats de transgression, par des graviers fluviatiles, par des calcaires récifaux côtiers...; les marnes ou calcaires à Globigérines sont remplacés, parfois, par une alternance marno-gréseuse ou manquent totalement; la Formation lagunaire est des plus variables et manque parfois aussi (pour les détails, voir chap. IV). Elle contient, parfois, des marnes carburées et charbonneuses (Abou-Chaar).

Pliocène. — La Formation lagunaire ou son équivalent sont recouverts par des terrains riches en fossiles et comportant des

calcaires, grès, marnes, graviers, sable, etc. La question de leur âge a soulevé des discussions scientifiques qui ne sont pas encore terminées. Le problème ne saurait être résolu que d'après l'ensemble des données tectoniques, paléontologiques, paléobiogéographiques et lithologiques. Il s'agit, en effet, de la barrière entre le Bassin Méditerranéen et le Bassin Erythréen de la Mer Rouge (et de l'Océan Indo-Pacifique). Il faut situer l'époque de la discordance *générale*, l'époque de l'invasion de la faune erythrienne dans l'ancien golfe de la Méditerranée (qui est actuellement Golfe de Suez de la Mer Rouge); il faut, enfin, déterminer la valeur stratigraphique des espèces trouvées dans les terrains successifs de cette série et fixer le caractère lithologique des assises. D'après les connaissances actuelles le problème s'avère très difficile. Les discordances observées sont multiples et variables suivant la région; les fossiles sont, en majeure partie, sans valeur stratigraphique (Néogène-Actuel); beaucoup d'espèces sont cosmopolites; la lithologie, très variable, dépend des conditions bathymétriques tout à fait locales.

Une étude détaillée de cette question m'aurait éloigné du but de mon travail; je me bornerai à indiquer quelques remarques à ce sujet. Le Miocène, tel qu'il a été décrit ci-dessus, forme un cycle marin commençant par une couche de base après une période continentale (oligocène surtout). La phase à faciès assez profond est suivie d'une phase gypseuse, lagunaire, avec graviers fluviaux intercalés; c'est la terminaison du cycle. L'ensemble des terrains plus récents, très variés et très riches en fossiles représente certainement un nouveau cycle à faciès peu profond. Une discordance et un niveau de gravier ont été observés entre le gypse et ces terrains dans la région de Hurghada, Abou-Chaar, Ile de Jiftoun, etc. Parmi les fossiles qui sont très variés, il faut surtout noter *Pecten Vasseli* FUCHS, caractéristique à la province érythréenne ([6, 13, 15, 22]), inconnu au Miocène et dans les mers actuelles. Il a apparu aussitôt après l'ouverture de la communication avec la Mer Rouge.

Les discordances locales s'expliquent par le fait que les mouvements tectoniques se sont poursuivis pendant une longue durée. La sommet de la Formation lagunaire miocène a été érodé par places (T. BOWMAN [9], p. 6) pendant une courte période séparant le Miocène du Pliocène.

Quaternaire. — Le Pléistocène correspond aux plages soulevées (surtout récifs coralliens) qui s'étagent dans les zones côtières actuelles et contiennent des espèces actuelles.

Actuel. — Les formations contemporaines consistent surtout en récifs coralliens, sables marins et graviers fluviatiles.

III. — TECTONIQUE GÉNÉRALE.

La succession des terrains géologiques exposée au chapitre précédent ainsi que la répartition géographique et stratigraphique de leurs faciès permettent de reconstituer l'histoire géologique de la région et de fixer les traits principaux de sa tectonique. Les structures locales de divers gisements décrites au chapitre IV sont en rapport étroit avec la tectonique générale dont l'activité s'est manifestée surtout en deux grandes phases : 1° à la fin de l'Eocène (tectonique profonde) et 2° au Pliocène (tectonique accessoire, moins profonde). Les gisements pétrolifères peuvent être groupés suivant les deux catégories : *fundamental anticlines* et *superficial anticlines*, termes proposés par M. T. BOWMAN ([9], p. 12) pour distinguer les plis à noyau cristallin de ceux qui se sont formés au Pliocène dans les grandes zones synclinales de la première phase. Dans les gisements de la première catégorie les terrains néogènes ont également été plissés à la fin du Pliocène avec un léger décalage par rapport au pli antérieur au Miocène. Dans les gisements de la deuxième catégorie, la phase pliocène n'a, certainement, affecté que les terrains assez récents formant une couche épaisse déposée dans les grands synclinaux prémiocènes.

L'histoire géologique de la région dans son ensemble se présente comme suit. La substratum cristallin, recouvert par les terrains primaires au Nord a subi un mouvement d'élévation postcarbonifère qui se traduit par le faciès de « grès de Nubie » durant une période variable suivant la partie de la région. Ce mouvement a été interrompu par l'invasion d'un faciès assez profond qui a duré depuis le Bajocien jusqu'à la fin du Jurassique, au Sinaï Septentrional (dj. Moghara), — et a pris fin au Barrémien dans cette même région proche de la Méditerranée actuelle. En allant en direction Sud-Est, le faciès de « grès de Nubie » se place, sans interruption, entre le substratum cristallin et les termes de plus en plus récents du Crétacé, conformément à l'avancement de la transgression crétacée du N. W. vers le S. E. A l'extrémité S. E. de la région (parallèle 26°, côte africaine de la Mer Rouge) la

limite supérieure des « grès de Nubie » se place à la base du Campanien. La grande période de dépôts marins s'est poursuivie pendant tout le Paléocène et l'Eocène.

Les mouvements tectoniques les plus importants ont eu lieu à la fin de l'Eocène : exondation générale ; formation d'un grand anticlinal NW-SE, à peu près à l'emplacement du Golfe de Suez actuel, avec soulèvement du substratum cristallin au milieu et formation de chaînes granitiques parallèles sur les deux flancs NE et SW (= les deux bords du Golfe de Suez actuel) ; nouvelle poussée orogénique, orthogonale, venant du N.W. et affectant surtout cette partie de la région (jusqu'au district de l'O. Gharandel et du Dj. Tanka au Sud). Une longue période d'érosion oligocène consécutive à la phase tectonique a touché profondément les crêtes d'anticlinaux enlevant, parfois, tous les terrains sédimentaires et même le sommet du cristallin (phase continentale, activité volcanique).

Une nouvelle transgression venant du N.W. a envahi la région du Golfe de Suez depuis le début du Miocène ; on a pu observer les lignes de rivage (récifs coralliens) de ce golfe méditerranéen, en certains districts côtiers du Golfe de Suez ; les eaux miocènes assez profondes débordaient les limites actuelles du Golfe. Le cycle miocène s'est terminé par une longue phase lagunaire avec exondations momentanées par places (graviers fluviaux). Les deux faciès : profond et lagunaire ne sont pas du même âge dans toutes les régions. Les oscillations secondaires durant cette période ont produit des régressions et transgressions locales (recouvrement d'îlots granitiques par des dépôts de la Formation lagunaire). Les sédiments miocènes sont surtout épais dans les zones des synclinaux antérieurs intercalés entre les chaînes granitiques.

Les mouvements tectoniques du Pliocène ont commencé par une très courte élévation, prouvée en certains endroits (gravier), suivie d'une nouvelle invasion marine assez peu profonde. Tout le Pliocène étant plissé, les mouvements ont dû se poursuivre jusqu'à la fin du Néogène. Il en résulta une série de dômes et d'anticlinaux le plus souvent parallèles aux anciens plis (zones synclinales et anticlinales anciennes) avec accentuation des anticlinaux primitifs à noyau cristallin. Les noyaux granitiques (anticlinaux principaux) et gypseux (anticlinaux superficiels) ont une tendance vers le type *diapir* (noyau perforant).

Les données actuelles ne permettent pas encore de reconstituer

exactement l'histoire des mouvements tectoniques pliocènes de la région. Le moment auquel le Golfe de Suez actuel a cessé d'être un golfe méditerranéen et a pu communiquer avec l'Océan Indo-Pacifique est bien fixé par l'apparition de *Pecten Vasseli* FUCHS, fossile caractéristique du Pliocène est-africain (L. Cox [13]).

Les failles sont très nombreuses dans la région. Suivant une règle à peu près générale dans les régions fracturées, les failles sont parallèles à l'une des trois directions dont la principale coïncide avec celle des plis principaux. En ce qui concerne la région du Golfe de Suez et de la Mer Rouge, la direction principale est N.W.-S. E. : failles coupant longitudinalement les *flancs côtiers* de grands plis (flanc N. E. en Afrique, flanc S.W. au Sinaï Occidental); ces plis sont dissymétriques et les *flancs côtiers* sont plus abrupts que ceux qui se trouvent du côté de l'intérieur du continent (aussi bien sur la côte africaine que sur la côte asiatique). Cette répartition de pendages correspond certainement aux anciens flancs du grand anticlinal général du Golfe de Suez. La deuxième direction, un peu moins importante, est celle des failles N.S. MM. Hume et Bowman avaient déjà signalé que les failles de cette catégorie arrêtent souvent les extrémités S. E. des axes granitiques affleurant dans les plis côtiers (dj. Araba, dj. Zeit, Hurghada, etc.), et se prolongent parfois jusqu'aux îles voisines (Joubal Kebir). La troisième direction, Est-Ouest, ne s'observe que rarement.

Le Quaternaire, séparé du Pliocène par une discordance, correspond à une période d'oscillations verticales : terrasses de récifs coralliens anciens = plages soulevées. Ces terrasses quaternaires ne se distinguent des récifs actuels que par leur altitude.

Le golfe de Suez n'a cessé de se rétrécir depuis le Pliocène et jusqu'à nos jours.

Il résulte de cette description des mouvements tectoniques un fait important pour les recherches de pétrole : existence de deux types différents de plis indiqués déjà au début du chapitre. Les dômes et anticlinaux formés, en surface, de terrains miocènes et pliocènes peuvent être choisis pour les sondages destinés à explorer les niveaux éocènes et crétacés dans le cas où ces plis appartiennent à l'une des grandes zones anticlinales de la 1^{re} phase (éocène). Les plis néogènes situés dans les zones synclinales ne sont pas favorables à ce genre de forages.

Les épaisseurs du Miocène seraient trop importantes et le plis-

sement des terrains plus anciens ne serait nullement certain à cet endroit.

Dans le type d'anticlinaux à noyau granitique, les formations néogènes ne sont pas épaisses, le décalage entre la charnière du pli récent et celle du pli ancien ne serait pas dangereux, mais l'effet de l'érosion intense des terrains éocènes et crétacés pendant l'Oligocène est toujours à craindre. C'est par hasard que le niveau productif crétacé a subsisté à Hurghada.

Enfin, la distinction entre les deux types de plis n'est pas toujours facile d'après les travaux de surface : un noyau cristallin peut être caché à une faible profondeur sans affleurer même dans le voisinage; une région située sur le prolongement d'un massif cristallin peut correspondre à une zone d'effondrement orthogonale séparée du noyau affleurant par une faille profonde.

Les indices de pétrole sont parfois en connexion avec des failles et dykes de roches volcaniques (dolérite oligocène ou du Miocène inférieur, dans les districts de l'o. Gharandel et du dj. Tanka, en Sinaï Septentrional, etc.).

IV. — GISEMENTS PÉTROLIFÈRES.

La stratigraphie et la tectonique générales ayant déjà été exposées aux chapitres précédents, il ne me reste qu'à résumer les particularités de chaque district et à indiquer la valeur de divers gisements du Sinaï et de la côte africaine de la mer Rouge et du Golfe de Suez. Je suivrai l'ordre géographique de leur situation en commençant par la partie nord de la presqu'île du Sinaï.

1. SINAÏ SEPTENTRIONAL. — Les gisements de cette région n'ont pas encore été étudiés dans la même mesure que ceux du Sinaï SW (Golfe de Suez) et de la côte africaine de la mer Rouge (Désert Oriental); je n'en ferai donc ici qu'une description générale. La zone commence près de la rive du canal de Suez et s'étend sur environ 100 kilomètres à l'Est. Elle se distingue des autres régions par la présence du Jurassique découvert par M. Couyat-Barthoux au dôme du dj. Moghara situé à 80 kilomètres à l'Est d'Ismailia [11] et du Crétacé inférieur fossilifère étudiés par H. Douvillé [18], P. Range [42], F. Moon et H. Sadek [38] etc. Le Jurassique du Moghara commence par le grès, type « Grès de Nubie », intercalé

entre le Carbonifère et le Bajocien (« grès triaso-liasique » de F. Moon et H. Sadek). Le Bajocien se compose de calcaires et de grès à Térébratules, puis à *Phylloceras disputabile* ZITTEL, etc.; viennent ensuite : schistes, marnes et calcaires (Bathonien-Callovien fossilifères); marnes jaunes très fossilifères ou calcaires siliceux (Oxfordien) et calcaires dolomitiques (Lusitanien fossilifère). Les calcaires fossilifères crétacés (Barrémien-Aptien-Albien) du Moghara sont remplacés au Sud par un autre grès type « Grès de Nubie ». (« Lower Cretaceous Sandstone » de F. Moon et H. Sadek) avec schistes multicolores au sommet (sans fossiles). La série fossilifère débute par des grès colorés alternant avec des marnes à Trigonies (*T.pseudocrenulata* NOETLING); ses calcaires sont riches en oolithes ferrugineux; l'Albien contient aussi des marnes. Le Céno-manien se compose surtout de calcaires à Orbitolines et Radiolites au Nord, ou de marnes à Oursins et Gastéropodes et calcaires à Rudistes (sommet) au Sud. Le Turonien est calcaire avec marnes intercalées (Oursins, Gastéropodes). Le Santonien (qui manque souvent) comprend : marnes glauconieuses, craie et calcaires riches en Oursins. Le Sénonien sup. (Campanien-Maestrichtien) correspond à la craie blanche pauvre en fossiles (*Gryphaea resicularis* LAMARCK). Les terrains éocènes (inférieurs et moyens, seulement) se succèdent comme suit : calcaire siliceux sans fossiles, puis calcaire à petites Nummulites, ensuite à *N. gizehensis* FORSKAL et, enfin, à Gastéropodes. L'Eocène sup. et l'Oligocène manquent. Le Miocène commence par un calcaire de base à *Ostrea crassissima* LAMARCK, *Pecten Kochi* LOCARD, etc. surmonté par : Calcaire marneux à *Aturia aturi* BASTEROT (riche en Oursins et Mollusques); Marnes calcaires à *Carcharodon megalodon* AGASSIZ et à Oursins; Marnes schisteuses vertes à *C. megalodon* Ag. (avec un peu de sel et de gypse); Gypse massif; Marnes sableuses à Oursins, Mollusques et Poissons; Marnes vertes avec sélénite (Oursins, *Pecten Josslingi* SMITH); Calcaires à Mollusques suivis de terrasses de graviers ou de schistes avec grès grossier probablement déjà pliocènes (F. Moon et H. Sadek [38], p. 24). La limite entre le Miocène et le Pliocène n'est pas nette. Le Pliocène auquel on rattache provisoirement les terrains composés de marnes, de grès grossier et de calcaire, semble être discordant par rapport au Miocène. Les formations quaternaires et actuelles comprennent : plages soulevées, récifs coralliens, sables, dunes, alluvions et graviers. (Voir aussi : Th. Fuchs [22] et J. Barthoux [4], p. 95-104.)

La région contient de nombreux dômes et anticlinaux dont le type varie suivant les zones stratigraphiques : les dômes miocènes de la zone côtière (restes d'un grand anticlinal brisé par des failles) sont des « structures ouvertes », donc peu intéressantes ; la zone éocène, située plus à l'Est, comporte des faibles ondulations ; les principaux dômes et anticlinaux appartiennent à la zone du Secondaire. D'après F. Moon et H. Sadek, deux de ces structures seraient particulièrement intéressantes : 1° dômes d'EL MINCHERA (calcaire cénomanien semi-poreux imprégné, noyau affleurant d'âge turonien) ; 2° dôme de RAS EL JAÏFI (Cénomanién imprégné peu profond, noyau affleurant d'âge santorien inf., proximité de Suez).

Le Sinaï Septentrional ne possède pas d'indices de pétrole comparables à ceux des autres champs pétrolifères d'Égypte. Il n'y a pas de suintements à proprement parler ; ce ne sont que des imprégnations, des roches décolorées ou à odeur de pétrole, etc., mais qui affectent parfois des zones allant jusqu'à 3 kilomètres de diamètre. Au point de vue stratigraphique, la possibilité de l'existence du pétrole dans le Miocène (calcaire) n'est pas exclue, mais les indices directes ou indirects y manquent aussi bien que dans les terrains éocènes qui sont, d'ailleurs, amputés de leur terme supérieur (pétrole bien hypothétique...). Ce sont les terrains crétacés qui contiennent les principaux niveaux pétrolifères : Campanien (pétrole provenant, peut-être, du Cénomanién), Santorien inférieur (faibles imprégnations constatées en 5 endroits) et surtout Cénomanién (calcaire imprégné plus ou moins poreux). L'origine de tous ces indices n'est pas encore bien éclaircie. On constate souvent leur connexion avec des failles et des dykes de roches éruptives.

En résumé, on peut dire que les indices sont faibles, sauf au Campanien et surtout au Cénomanién ; que les roches sont trop compactes (la meilleure est le calcaire assez poreux du Cénomanién du dj. Minchera) ; que la structure tectonique n'est bonne que dans la zone du Secondaire (nombreux dômes et anticlinaux, profondeurs à atteindre assez faibles).

2. HAËBACHI. — Ce district se trouve à la limite ouest du Sinaï Septentrional et à 6-7 kilomètres à l'est du bord du Grand Lac Amer. Les terrains connus dans la région s'échelonnent depuis le Miocène jusqu'à l'Actuel. Il s'agit d'un faible dôme érodé, allongé

N. N.W.-S. S. E. sur 8 kilomètres et large de 1-2 kilomètres. A 2 kilomètres de son extrémité S. S. E. il est recoupé par une faille N. N. E.-S. S. W. avec effondrement de cette partie. Malgré l'absence d'indices un sondage y a été exécuté en 1923-1924 pour l'étude du Miocène. Arrêté à 702 mètres de profondeur, il avait traversé la série miocène : marnes et sables, marnes à Globigérines, calcaire avec gravier (calcaire éocène à partir de 669 m.) avec résultats absolument défavorables (gaz à 305 m., pas d'odeur d'hydrocarbures).

3. BIR ABOU KITIFA. — Cette localité, située déjà sur la côte est du golfe de Suez, appartient plutôt au groupe du Sinaï S. W., mais elle se trouve, géologiquement, dans la zone miocène ouest du Sinaï Septentrional et a beaucoup d'analogie avec le district précédent. Les terrains burdigaliens et vindoboniens y affleurent entre la côte à l'Ouest et une grande faille à l'Est (contact avec l'Eocène) et forment un dôme orienté N.W.-S. E. et brisé par des failles. Pas d'indices de surface. Un sondage exécuté en 1921-1922 a donné les résultats suivants : puissance considérable de marnes à Globigérines (Vindobonien) séparées de l'Eocène (Bartonien) par 30 mètres de calcaire burdigalien; traces de pétrole dans les marnes à Globigérines; discordance entre l'Eocène et le Miocène. Le pétrole se trouve dans une assise nettement défavorable au point de vue lithologique; l'épaisseur à traverser pour atteindre un niveau hypothétique du Crétacé serait trop considérable vu la présence de l'Eocène supérieur.

4. DJ. KOCHERA. — Le massif du dj. Kochera commence, au Nord, la longue série de gisements du golfe de Suez (zone côtière du Sinaï S.W.). Il est situé à 15 kilomètres de la côte et à 60 kilomètres de Suez. La série stratigraphique visible depuis l'Eocène inférieur diffère nettement de celle du Sinaï Septentrional. Les terrains se présentent dans l'ordre suivant : Calcaire à Alvéolines (Nummul. inf.); calcaire à *Nummilites gizehensis* FORSKÅL, calcaire crayeux à *Cardita Viquesneli* d'ARCHIAC et HAIME, marnes vertes glauconieuses à Poissons (Eocène moyen); marnes à gypse; calcaire sans fossiles (Niveau de Tanka = Bartonien); marnes rouges à *N. Beaumonti* d'ARCHIAC (Priabonien); lacune correspondant à l'Oligocène, l'Aquitaniien et le Burdigalien inf; marnes calcaires avec grès et conglomérat à *Ostrea* à la base (Burdigalien); alternance grès-marnes à *Aturia aturi* (base de l'Helvétien); marnes.

vertes à sélénite, alternance « gypses-marnes » (Vindobonien); calcaires et marnes à *Echinocyamus stellatus* (= Couches à Nullipores), calcaire oolithique alternant avec des marnes (âge imprécis); dépôts éoliens, graviers et terrasses fluviales (Actuel). Le faciès du Miocène est différent à l'Est de la faille de Nikheila : la série gypsifère y fait défaut, tandis que le Néogène supérieur est représenté par une grande épaisseur de calcaire récifal à *Lithothamnium* reposant sur une mince couche de marne.

L'anticlinal primitif du Kochera a été morcelé par des failles successives dues aux mouvements qui ont eu lieu pendant le Néogène sup. et même postérieurement au calcaire oolithique. Il en résulte une série de dômes secondaires incomplets limités par des failles. Les roches imprégnées ou à odeur de pétrole peuvent être groupées en trois niveaux : 1° Burdigalien (le plus riche en indices); 2° Helvétien (sommet du niveau à *Aturia*) et 3° Base des Couches à Nullipores (indices les plus nets et les plus importants). Il est à remarquer que tous ces indices n'ont aucun rapport avec des dykes qui n'existent, d'ailleurs, pas dans la région et que les niveaux pétrolifères ne correspondent pas à ceux du district voisin (O. Gharandel).

5. OUED GHARANDEL. — Le district de l'Oued Gharandel est situé sur la côte même du golfe de Suez, au S.W. du Dj. Kochera et au N. du Hammam Faraoun. On retrouve ici la même succession de terrains miocènes et éocènes qu'au Dj. Kochera. Le Néogène supérieur est représenté par des graviers et lumachelles avec marnes et gypse reposant sur le 5° niveau de gypse qui surmonte les calcaires et marnes à Nullipores (*Lithothamnium*) et à *Lithodomus*. La lacune entre l'Eocène et le Burdigalien sup. est marquée d'intrusions doléritiques d'âge oligocène ou miocène inf. Une discordance sépare l'Eocène inf. de l'Eocène moyen.

Les terrains disloqués par des nombreuses failles (direction principale N.W.-S. E. parallèle au Golfe) forment une série de dômes et de synclinaux, parmi lesquels le grand dôme rompu du Hammam Faraoun. Les derniers mouvements tectoniques ont été postérieurs au Miocène qui est plissé sans discordance notable avec l'Eocène.

Contrairement à la répartition stratigraphique du pétrole au dj. Kochera (Miocène), les niveaux de l'o. Gharandel appartiennent à l'Eocène comme ceux du dj. Tanka. Ils sont répartis comme suit

(du bas en haut) : 1° Groupe nummulitique inférieur (calcaire); 2° Calcaires crayeux; 3° Calcaire à *Cardita* (les deux derniers = Calcaires à *Cardita* de Tanka); 4° Marnes vertes et 5° Marnes à gypse. Les trois niveaux calcaires sont les plus importants. Le Miocène est stérile. Les sondages ont confirmé cette répartition, mais ils n'ont pas été suffisamment profonds pour éclaircir la question du pétrole crétacé. Les indices de surface sont en relation avec la structure (partie imprégnée la plus élevée du demi-dôme de Faraoun) ou avec les dykes (noircissement et odeur de pétrole).

6. DJ. TANKA. — Cette région côtière se trouve au S. E. de la précédente et à 110 kilomètres de Suez. Elle est formée par deux plateaux (à 200 m. et à 100 m.) dont le plus élevé se place à l'Est et par un bas-pays littoral (marnes avec collines gréseuses) à l'Ouest. L'Éocène, par lequel débute la série stratigraphique visible à l'affleurement, est identique à celui de l'o. Gharandel (env. 400 m.). La base du Miocène est continentale (venues basaltiques) ou à faciès marin peu profond. Le Miocène en général est représenté par une série de grès fin avec intercalations de marnes fossilifères et conglomérat de base; la série gypseuse manque. Le Quaternaire et l'Actuel sont constitués, comme tout le long de la côte du Golfe, par des terrasses soulevées (bancs de marnes et de récifs coralliens, alt. 20 m.) et par des alluvions fluviales et éboulis. D'après les travaux de forage, le Crétacé, daté par des fossiles, est représenté par une succession complète de terrains habituels (voir Stratigraphie générale) depuis le Céno-manien qui repose sur le « Grès de Nubie » (grès avec argiles, marnes, lignite).

La structure tectonique de la région se présente comme suit : 1° Un grand anticlinal N.W.-S. E. formé pendant l'importante phase orogénique d'âge éocène avec son flanc S.W. effondré un peu plus tard (conservation du Miocène et de l'Éocène sup. de ce côté de la faille longitudinale); 2° un anticlinal secondaire ouvert qui s'est formé à l'extrémité nord du flanc S.W. de l'anticlinal principal sous l'effet de mouvements orthogonaux (poussée venant du N.W.). Les mouvements post-miocènes ont déterminé la forme actuelle des plis.

Les indices pétrolifères de surface, qui sont en relation avec failles, dykes ou crêtes d'anticlinaux, appartiennent aux niveaux éocènes suivants : 1° Calcaire à *Cardita* (noyau affleurant du

grand anticlinal; imprégnation dans un périmètre de 4 kilom. $\times$ 1 kilom.); 2° Marnes Vertes (alternance de marnes et de calcaires imprégnés dans le petit anticlinal, bitumineux autour du noyau du grand pli). Des suintements de pétrole sous-marins ont été observés non loin de la côte. Les forages ont confirmé l'existence du pétrole dans les Couches Vertes de l'Éocène et ont rencontré des indices dans le Turonien (indices de pétrole et asphalte), dans le Cénomanién (lignite) et au sommet de « Grès de Nubie » qui est en général aquifère (traces de charbon et indices de pétrole). Seul le niveau des Couches vertes a donné une petite production.

7. OUED MATULLA. — Le dôme crétacé de l'o. Matulla est situé sur la côte, au S. E. du dj. Tanka. Le terrain affleurant le plus ancien est d'âge santonien (marnes vertes et brunes avec grès et calcaires à *Ostrea Costei* COQUAND); il est entouré par les sédiments campaniens, maestrichtiens et éocènes. Une faille courbe limite le Santonien à l'Ouest (T. Bowman [8], p. 40). Le Miocène est visible au N.W. de la faille. D'après les forages, la série crétacée se présente comme suit : Lower Cretaceous Sandstone (= Grès de Nubie précénomanién sans fossiles); Cénomanién (grès de Nubie fossilifère avec marnes, argiles et schistes en bas, puis marnes et, enfin, calcaire avec grès et marnes à *Exogyra Mermeti* COQUAND); Turonien (grès, calcaires, puis schistes et marnes avec calcaires et sables) et, enfin, le Santonien visible en partie en surface. Les sondages ont rencontré les niveaux à indices de pétrole suivants : passages gréseux et calcaires, puis niveau correspondant aux schistes carburés visibles à l'embouchure de l'o. Darat (Santonien); sables imprégnés (Turonien); traces de pétrole et de gaz dans la série marneuse du Cénomanién, puis lignite dans le grès du même étage; schistes carburés et faibles traces dans le « Grès de Nubie » qui est aquifère comme au dj. Tanka. Les résultats sont donc franchement négatifs malgré la bonne structure.

8. DJ. NEZZAZAT. — La région du dj. Nezzazat se trouve au bord du golfe, entre l'o. Matulla au N.W. et Abou-Durba au S. E., à 150 kilomètres de Suez. Elle constitue le prolongement N.W. de l'anticlinal cristallin d'Abou Durba, mais l'axe (noyau cristallin) se trouve probablement à l'Ouest, sous les eaux du golfe, et le flanc N. E. est seul représenté en affleurement sur la côte. La série stratigraphique apparaît sous forme de bandes parallèles à la côte du golfe en commençant par les « grès de Nubie » céno-

niens ou précénomaniens dont l'affleurement est séparé du bord du Golfe par une plage de sable. Les pendages étant uniformément E. N. E. les terrains deviennent de plus en plus récents en allant vers l'intérieur de la presqu'île. L'affleurement du grès possède une allure lenticulaire. Les schistes versicolores sous-jacents et la principale masse du Lower Cretaceous Sandstone (Grès de Nubie *pars*) sont cachés sous les sables littoraux récents. La structure tectonique correspond à un simple monoclinal faiblement incliné et affecté par des failles parallèles; il se peut que la limite S. W. des terrains parallèle à la côte soit une grande faille générale avec abaissement du compartiment S. W.

Les indices de surface consistent en imprégnation de la grande lentille de grès de la base du Cénomaniens (Grès de Nubie *pars*). Un sondage placé sur les sables récents a rencontré de faibles traces de pétrole dans le grès de Nubie qui s'est révélé, en général, aquifère. L'espoir de trouver d'autres lentilles imprégnées, plus bas, n'est pas exclu, mais la présence d'eaux dans le grès rend cette hypothèse bien douteuse.

9. ABOU DURBA. — Le gisement côtier suivant se place au S. E. du précédent et à 174 kilomètres de Suez. La zone pétrolifère correspond à une interruption d'une chaîne à noyau cristallin orientée N. W.-S. E. dont la partie N. W. porte le nom du dj. Abou-Durba et la S. E. s'appelle dj. Araba; la zone intermédiaire, sédimentaire, est traversée par l'o. Araba formant un delta en bordure de la côte. Les deux tronçons extrêmes de la chaîne ne se placent pas sur une même ligne, le massif de l'Araba étant déplacé vers l'intérieur du pays.

Les terrains sédimentaires du flanc N. E. de l'anticlinal se succèdent normalement depuis le « Grès de Nubie » jusqu'au Miocène en direction de l'intérieur du pays : calcaire jaune, marnes et schistes (Cénomaniens-Turonien); calcaire crayeux (Sénonien), etc. La zone pétrolifère proprement dite se trouve au bord du golfe et appartient au flanc S. W. de l'anticlinal. Les terrains qui affleurent dans cette partie de la région ne sont pas très variés. Il est intéressant, cependant, de noter l'apparition du substratum cristallin caché en profondeur dans les districts situés au N. W., mais se poursuivant en surface vers le S. E. Les rochers cristallins appartiennent au groupe des granites; elles sont traversées par des dykes dioritiques. La zone comprise entre les deux massifs

cristallins est occupée presque uniquement par du « Grès de Nubie » sans fossiles qui cache ici le noyau granitique de l'anticlinal ; il se compose surtout de grès rougeâtre, ferrugineux, très dur avec un conglomérat quartziteux ou éléments de granite décomposé, à la base, et deux minces niveaux de marnes schisteuses vers le sommet. La limite supérieure du Grès de Nubie et du Crétacé fossilifère est masquée par une faille longitudinale dans la zone imprégnée. Le Crétacé fossilifère apparaît à l'Ouest du « Grès de Nubie », sous forme d'une bande étroite et interrompue, limitée du côté du golfe par les sables de plage. Il se compose de calcaire jaune à Oursins, de schistes bruns salés et de sable ; les fossiles sont d'âge turonien : *Echinobrissus vorax* FOURTAU, *Durania Humei* DOUVILLÉ, etc. [(33), p. 8 ; [17]].

La structure tectonique de l'anticlinal primitif a été fort simple : grand pli dissymétrique (flanc S.W. plus raide que le flanc N. E.) orienté N.W.-S. E. parallèlement à la côte. Les mouvements postérieurs qui se sont poursuivis jusqu'après le Miocène ont disloqué l'ensemble qui se trouve recoupé par des nombreuses failles dont les deux principales sont orientées N. S. et N.W.-S. E. La zone imprégnée se trouve sur une des failles de cette dernière direction, qui met en contact le Grès de Nubie avec le Turonien. Le flanc N. E. du grand anticlinal a été moins dérangé.

Les indices de surface sont surtout concentrés à la limite supérieure du « Grès de Nubie » : grès de Nubie et sables turoniens bitumineux. Les veines de diabase traversant le granite contiennent de l'asphalte non loin de la limite du Grès de Nubie. La présence du soufre a été constatée en quelques endroits. Enfin, on a observé l'existence de suintements sous-marins avec flaques de pétrole à la surface de l'eau non loin de la côte. Les sondages placés entre la zone imprégnée et le bord du golfe, c'est-à-dire en aval des pendages, ont rencontré quelques sables pétrolifères intercalés entre les marnes (Turonien?)

10. RAS MOHAMMED. — Situé à l'extrémité S. E. de la presqu'île du Sinaï, le district de Ras Mohammed termine la longue bande côtière de gisements du Sinaï. Les terrains sédimentaires affleurant dans la région commencent par des schistes un peu salés et gypsifères, de couleurs variées, avec *Globigerina* (dans le sondage, à partir de 3 m. de profondeur). D'après les Foraminifères, ils représentent le Vindobonien inférieur. Les terrains plus récents

se composent de schistes jaunes à sélénite et calcaire dolomitique. Des grès grossiers ferrugineux ou calcaires n'ont pas une position stratigraphique bien définie. Le Pliocène, contenant des nombreuses espèces de Mollusques (*Tellina lacunosa* CHEMNITZ, *Pecten Vasseli* Fucus, etc.), correspond aux « Couches roses » constituées par des calcaires dolomitiques coralliens, grès grossiers et grès fins de couleur rose ou rouge (« récifs coralliens anciens » de Hume). Le calcaire corallien blanc, discordant sur la formation précédente ou sur les grès grossiers ferrugineux miocènes et très riche en fossiles (*Lithodomus*, *Chama* et nombreux autres Bivalves) correspond aux « récifs coralliens récents » de Hume. Les calcaires récifaux et les roches éruptives prédominent dans les affleurements.

La structure tectonique consiste en un dôme allongé S.W.-N. E. (pli transversal) et recoupé par des failles; les pendages des flancs S. E. et N.W. sont réguliers.

Aucun indice de pétrole n'a été enregistré en surface. Un sondage entrepris en 1921 pour des raisons d'ordre stratigraphique et tectonique n'a rencontré que des faibles traces de pétrole à 110 m. de profondeur dans une série épaisse de sable granitique et de graviers situés *au-dessous* des Marnes à Globigérines. La grande épaisseur de gravier traversée par le sondage correspond probablement à des dépôts marins peu profonds ou continentaux (rivage de la mer vindobonienne, équivalent de la *partie inférieure* des Marnes à Globigerines des régions situées plus au Nord).

11. RAS GHARIB. — Les districts pétroliers de la côte africaine (Grand Désert Oriental) commencent plus au Sud que ceux du Sinaï; le premier « gisement » se trouve à Ras Gharib, à peu près en face du dj. Araba qui limite, au Sud, le district d'Abou-Durba (Lat. 28° 21'). Les terrains appartiennent au Miocène et, peut-être, au Pliocène. Les deux sondages exécutés en 1921-1922 et 1923-1924 ont rencontré une puissante série lagunaire d'âge surtout miocène et, peut-être, pliocène. La partie supérieure de la série est composée d'une alternance multiple de grès et de marnes sableuses, tandis que sa partie inférieure est représentée par des marnes à gypse avec anhydrite intercalée entre les marnes vers la base. La partie arénacée, indiquée ci-dessus, n'existe pas partout dans la Série lagunaire, tandis que les Diatomées rencontrées dans les marnes à gypse caractérisent la Formation lagunaire en général, mais leurs niveaux précis ne coïncident pas avec ceux des régions situées plus au Sud.

Les indices de pétrole, très faibles, d'ailleurs, n'ont été rencontrés que vers le sommet de la série arénacée.

12. RAS DIB. — Le deuxième district de la côte africaine, situé au S. E. du précédent, occupe une région limitée par l'o. Dara, à l'Ouest et l'extrémité du massif cristallin du dj. Zeit au S. E. Il se trouve sur la terminaison nord (bord du golfe) de la Chaîne Ouest du Zeit qui est orientée S.E.-N.W., parallèlement au massif cristallin de la côte (dj. Zeit).

Les terrains affleurant entre Ras Dib et l'o. Dara sont d'âge néogène et récent (depuis le Formation lagunaire), mais les affleurements visibles entre Ras Dib et le massif cristallin situé au S. E. (Dj. Zeit), ainsi que les données fournies par les forages permettent d'établir la série stratigraphique comme suit : le cristallin est surtout représenté par du granite avec dykes de roches basiques. Le « grès de Nubie », d'âge indéterminé, sans fossiles, est recouvert par une alternance de schistes et de calcaires fossilifères du Cénomanién supérieur. Un autre grès, équivalent lithologique du « grès de Nubie » précédent, sépare le Cénomanién du Campanien (calcaires et schistes avec couches de phosphate) suivi de brèches et conglomérats, puis de marnes avec calcaire qui représentent le Maëstrichtien et le Danien. L'Éocène, l'Oligocène et, parfois, la base du Miocène manquent. Le Miocène commence par des calcaires siliceux et conglomérat de base (Formation de base) qui supportent la Formation à Globigérines (marnes avec, parfois, faciès gréseux en bas). La Formation lagunaire se compose des niveaux suivants (de bas en haut) : gypse inférieur, calcaire intergypseux, gypse supérieur; le gypse inférieur est massif, tandis que le supérieur contient aussi des bancs de marnes et de calcaire. Le Pliocène, discordant sur le Miocène, est pauvre en fossiles et difficilement séparable du Quaternaire. Il est formé par des graviers avec des rares *Pecten Vasseli* FUCHS et *Ostrea* et, peut-être, par des sables. Une formation plus récente constituée par des calcaires bréchiques sans fossiles recouvre tantôt les sables pliocènes, tantôt le gypse miocène. Il faut, enfin, citer les récifs coralliens (terrasses élevées) et les alluvions.

La tectonique de la région dépend, naturellement, de l'anticlinal primitif à noyau cristallin avec plis secondaires formés postérieurement jusqu'après le Miocène. Ras Dib proprement dit se trouve sur le prolongement N.W. de l'axe plongeant (ou faillé) de

l'anticlinal principal (Dj. Zeit). L'embouchure de l'o. Dara, située à l'Ouest, se place sur un pli secondaire orienté également S.E.-N.W. avec noyau affleurant représenté par le gypse miocène. Il se peut que ce pli se prolonge au S. E. parallèlement au pli cristallin côtier, tout le long du dj. Zeit.

Les principaux indices de pétrole correspondent aux calcaires intergypseux miocènes (Formation lagunaire) imprégnés en affleurement à Ras Dib même. Les sondages ont rencontré des traces de pétrole et de gaz dans toutes les formations crétacées et miocènes depuis le Cénomanién sup. fossilifère, mais seul un banc de calcaire siliceux de la Formation à Globigérines (Miocène) a donné une faible quantité de pétrole. Le grès de Nubie précénomanién est aquifère. Le Campanien contient des schistes carbonés.

13. ZEITIA. — Le district de Zeitia se trouve à l'extrémité S. E. du massif granitique du dj. Zeit; il s'agit, plus exactement, d'un tronçon cristallin faisant suite à la chaîne principale dont il est séparé par une dépression transversale remplie de terrains miocènes. Cette colline (Petit Zeit) est orientée N.W.-S. E., comme la chaîne principale et la ligne de la côte toute proche. Le district se subdivise en Zeitia S. E. (côte du golfe de Suez) et Zeitia S.W. (ou bord de la baie de Zeit).

La stratigraphie de Zeitia S. E. est fort simple : Formation lagunaire, relativement peu épaisse (gypse, marnes, sables et calcaires alternant), reposant sur le massif granitique par l'intermédiaire de calcaires récifaux et de sables granitiques (formation côtière de la mer miocène).

Les terrains sédimentaires de Zeitia S.W. commencent avec les « Grès de Nubie » d'âge indéterminé; le Crétacé fossilifère, l'Eocène et l'Oligocène manquent (érosion du Crétacé et de l'Eocène pendant la période continentale oligocène); le Miocène commence par un conglomérat siliceux et des calcaires à faciès côtier déposés parfois directement sur le granite; suivent après : la Formation à Globigérines (aussi : dents de *Carcharod. megalodon* AGASSIZ) et la Formation lagunaire (Gypse inf., Calcaire intermédiaire, Gypse sup.) également miocènes; l'âge des calcaires oolithiques et des lumachelles situés au-dessus n'est pas bien défini (Miocène sup. ou Pliocène); le Pliocène correspond aux couches à *Pecten Vasseli* FUCHS qui reposent sur un banc à *Ostrea*; les récifs

coralliens et les alluvions terminent la série. Il est à remarquer la transgressivité du Miocène sur le cristallin ou sur le grès de Nubie et l'épaisseur considérable de la Formation lagunaire à l'ouest du massif.

La tectonique de la région de Zeitia est très nette en ce qui concerne le Petit Zeit correspondant au grand pli à noyau granitique (terminaison S. E. de l'anticlinal primitif). Ses flancs N. E. et S. W. ne sont pas symétriques à cause des mouvements consécutifs ayant provoqué des oscillations et donné naissance aux fractures surtout longitudinales; le flanc S. W. est plus doux, plus large et la série néogène y est plus complète. L'effet du soulèvement et de la dénudation du pli primitif à l'Oligocène est bien marqué par la disparition du Crétacé et de l'Eocène. La transgression miocène a été très variable suivant les endroits, ce qui s'explique par les soulèvements ou abaissements locaux de compartiments compris entre les failles. La zone miocène située dans la partie ouest du district (chantier « Palmer ») serait le prolongement d'un pli secondaire, parallèle à l'anticlinal cristallin, et dont l'existence a été remarquée à l'embouchure de l'o. Dara au N. W. (district de Ras Dib).

Le suintement de pétrole situé sur le versant est (côte) du Petit Zeit est historiquement connu; les Romains avaient donné le nom du Mons Petroleus au dj. Zeit provenant d'un mot arabe : « endroit pétrolifère ». Son origine est en connexion avec le passage d'une faille. Les sondages placés au voisinage n'ont rencontré que des traces de pétrole et de gaz dans les calcaires de la Formation lagunaire. Les imprégnations visibles en surface et constatées par les sondages dans la partie ouest du district se rattachent à la Formation à Globigérines et à la Formation de base du Miocène. L'absence du Crétacé et la faible quantité de pétrole rencontré par les sondages dans le Miocène sont autant d'indications défavorables pour le district.

14. *Ile de Ranim*. — Cette île est située au S. E. de Zeita sur le prolongement de l'axe du pli à noyau cristallin (dj. Zeit et Petit Zeit). Toute sa surface est occupée uniformément par des calcaires récifaux coralliens et sables d'âge quaternaire ou actuel. Un sondage exécuté à l'extrémité sud de l'île (1912-1923 avec interruption entre 1914 et 1921) a rencontré une puissante série de gypses, marnes et sel (Formation lagunaire miocène) après avoir

traversé les terrains actuels, quaternaires et pliocènes dans l'ordre suivant : calcaire corallien et sable ; lumachelle pseudo-oolithique et sable quartziteux ; calcaire gréseux à Mollusques et Foraminifères ; gypse avec calcaire à Lithodomes ; marne à nodules de gypse. Aucune trace de pétrole n'a été rencontrée. Le sondage a été arrêté dans le gypse à plus de 800 mètres de profondeur. Il est intéressant, cependant, à noter la présence de niveaux à Diatomées, l'épaisseur considérable de la Formation lagunaire et le caractère variable de sa constitution.

15. *Ras el Bahar*. — La région de Ras el Bahar se trouve au Sud de la baie du Zeit. Le Miocène franc n'affleure pas ici, mais les sondages ont rencontré une puissante série de gypse, anhydrite, sel, marnes et schistes appartenant à la *Formation lagunaire miocène* (à partir de 60-130 m. de profondeur) ; les sables et marnes situés au-dessus sont probablement d'âge *pliocène*. La Formation lagunaire contient des niveaux à Diatomées. Les terrains les plus anciens affleurant au centre sont d'âge *pliocène* et contiennent *Apolymetis papyracea* GMELIN. Ils sont entourés par des formations d'âge *pliocène* et quaternaire habituelles.

Au point de vue tectonique il s'agit d'un anticlinal superficiel récent orienté S. E.-N. W. avec prolongement de l'axe en cette dernière direction. La grande épaisseur de la Formation lagunaire indique que cet anticlinal secondaire s'est formé au-dessus d'une grande zone synclinale primitive et qu'il n'a pas de racines en profondeur.

Les sondages, d'autre part, n'ont rencontré que de très faibles indices dans les gypses, marnes et sel de la Formation lagunaire : traces de gaz, de pétrole et matière bitumineuse. La présence de bancs de calcaire, tels que ceux qui sont pétrolifères en d'autres endroits, n'a pas été révélée par les sondages. Cela prouve, encore une fois, l'inconstance de la composition lithologique de la Formation lagunaire. Il y avait donc une série de lagunes miocènes séparées et situées dans la zone synclinale ancienne et séparées entre elles.

16. *RAS DJEMSAH*. — Les champs pétrolifères de Djemsah occupent l'extrémité S. E. de la presqu'île se terminant par le cap Ras Djemsah et se trouvent à 12 kilomètres au S. E. du district de Ras el Bahar.

La stratigraphie de la région se distingue par son caractère local; il s'agit de formations littorales de la mer mio-pliocène qui baignait les bords de l'ancien pli à noyau cristallin, émergé sous forme d'une île. D'après les travaux de forage le Miocène incomplet repose directement sur l'Archéen dans la partie N. E. de la presqu'île. En affleurement, les terrains commencent par la *Formation lagunaire* (gypse miocène) qui occupe la majeure partie de la surface, sauf les collines où le calcaire dolomitique d'âge *pliocène*, n'a pas été érodé. Les côtes sont partout recouvertes de sables récents. La formation la plus ancienne rencontrée par certains sondages de la côte N. E. consiste en grès calcaire très riche en éléments granitiques; d'après M. T. Bowman ([9], p. 169, 173) ce grès de base, d'âge miocène ou antérieur, repose directement sur la surface érodée du massif granitique ancien, fait très important pour l'étude de la structure tectonique (pli primitif). Le calcaire dolomitique poreux, récifal qui forme le substratum de la Formation lagunaire confirme le faciès côtier de cette partie du district. La *Formation à Globigérines* manque, certainement pour les mêmes raisons. La *Formation lagunaire* consiste en alternance de marnes avec anhydrite, sel et, parfois, calcaire; les niveaux à Diatomées sont représentés. L'épaisseur variable de cette formation s'explique par l'érosion durant la phase qui a séparé le Miocène gypseux de la formation plus récente constituée par des calcaires dolomitiques récifaux appartenant probablement déjà au Pliocène; les calcaires ont un caractère local. Les sables quaternaires et récents terminent cette série stratigraphique à cachet particulier.

La tectonique semble assez simple en surface : deux plis anticlinaux parallèles, orientés N. W.-S. E. et séparés par un large synclinal qui correspond à une vallée formée dans le gypse miocène; les anticlinaux coïncident avec deux chaînes de collines dont une longe la côte N. E. de la presqu'île et l'autre suit son bord S. W.; les deux chaînes sont protégées par les calcaires plus récents que le gypse. L'anticlinal oriental, quoique faillé, possède ses deux flancs (flanc N. E. abrupt) tandis qu'il ne reste que le flanc N. E. à l'anticlinal occidental coupé longitudinalement par le bord rectiligne de la rive (faille). L'étude des coupes de sondages de l'anticlinal oriental a permis à M. T. Bowman ([9], p. 175) de fournir certaines hypothèses sur la structure de ce pli en relation avec celle des régions voisines; l'auteur a essayé d'expliquer ainsi les divergences constatées entre les coupes de divers sondages. Il

est à retenir une autre conclusion de M. T. Bowman basée sur l'étude pétrographique du grès de base rencontré à la fin de quelques sondages; il en résulte que le pli oriental est un anticlinal primitif à noyau granitique assez proche de la surface, érodé au sommet (ancienne île) et recouvert directement par du Miocène incomplet en cet endroit (zone côtière). L'anticlinal occidental, moins bien connu, serait un pli secondaire superficiel formé postérieurement au comblement du synclinal primitif par les dépôts lagunaires d'une grande épaisseur. Notons que l'anticlinal oriental n'est pas situé sur le prolongement du massif granitique du dj. Zeit orienté également N. W.-S. E.

Le pétrole a été découvert à Djemsa en 1868 dans une galerie exécutée par la Société Soufrière sur la côte N. E. de la presqu'île. C'était un suintement dans le genre de celui de Zeitia et dû probablement à une faille. Les travaux postérieurs ont constaté la présence de pétrole dans toutes les formations sédimentaires du pli oriental à partir du calcaire de base et jusqu'au sable récent, mais les vrais niveaux productifs se situent dans la partie supérieure du calcaire de base et dans un banc d'argile de la Formation lagunaire. L'apparition brusque du pétrole dans les sondages est suivie assez rapidement par l'inondation du puits. En se basant sur la nature des terrains pétrolifères, sur le régime des puits productifs et sur la quantité relativement peu considérable de pétrole accumulé au sommet de l'anticlinal, M. T. Bowman considère le gisement comme secondaire, le pétrole ayant pu migrer à partir des terrains plus anciens qui doivent exister de part et d'autre du sommet de l'anticlinal primitif ([9], p. 177).

17. ILES SITUÉES À L'EST DE DJEMSA. — Les îles qui se trouvent à l'Est de Djemsa s'alignent, *grosso modo*, sur le parallèle de 27°40' dans l'ordre suivant : Um el Heimat (à 4 km.), Djaysum-Sud (à 13 kilom.) et à 20 kilomètres : Jubal Saghira et Jubal Kébir (cette dernière exactement au sud de la précédente).

L'île de Jubal Saghira est recouverte uniformément par du calcaire corallien d'âge quaternaire et sable récent; la surface de toutes les autres îles est formée par des dépôts d'âge *Pliocène-Quaternaire* (Jubal Kébir : calcaire coquiller; Djaysum-Sud : calcaires et marnes à Mollusques et Oursins). Les sondages ont donné des résultats stratigraphiques plus intéressants. Ceux de l'île de Djaysum-Sud ont rencontré une épaisse série d'anhy-

drite, de marnes et de sel de la *Formation lagunaire* miocène (> 700 m.) riche en Diatomées et recouverte par 75 mètres de calcaires et marnes fossilifères d'âge Pliocène-Quaternaire. La même Formation lagunaire à Diatomées a été rencontrée à l'Ouest dans le sondage de l'île d'Um el Heimat. La série stratigraphique révélée par les sondages placés à l'Est (les deux îles de Jubal) est bien différente de celle de l'Ouest. Le Miocène repose ici directement sur le cristallin. Les sondages n'ont, peut-être, pas atteint le granite lui-même, mais ont été arrêtés dans des *grès et graviers* provenant de la décomposition du granite sur place (dépôts fluviatiles ou littoraux, d'après M. T. Bowman [9], p. 159). Cette formation est recouverte par du *calcaire dolomitique* miocène à faciès littoral. La *Formation lagunaire* miocène qui lui succède se compose de gypse et de marnes avec rares calcaires; elle est dépourvue de Diatomées et possède une épaisseur relativement faible (< 300 m.). Les dépôts plus récents se succèdent comme suit : marnes et grès à Foraminifères (Miocène?), calcaire coquiller oolithique à *Tellina lacunosa* CHEMNITZ et *Pecten Vasseli* FUCHS (Pliocène) et, enfin, calcaire coquiller poreux blanc (Pliocène-Quaternaire).

La structure en dôme a été observée en surface dans les îles de Djaysum-Sud et de Jubal Kebir, mais c'est surtout la tectonique profonde qui est intéressante. En se basant sur les caractères des séries stratigraphiques traversées par les sondages M. T. Bowman (9) a été conduit aux conclusions suivantes : les îles de Jubal se placent sur une ligne de crête d'un grand anticlinal primitif à noyau cristallin orienté N. W.-S. E.; les îles situées à l'Ouest possèdent une épaisse Formation lagunaire à Diatomées et se trouvent sur le passage du grand synclinal primitif orienté également N. W.-S. E. et se prolongeant (au N. W.) du côté occidental du djebel Zeit (massif granitique). Une grande faille limite certainement les deux îles de Jubal du côté Est; une autre faille, perpendiculaire, les sépare; on peut supposer, enfin, l'existence d'une troisième faille Est-Ouest, d'après les sondages du Jubal Kebir.

Des indices de pétrole et de gaz ont été rencontrés dans les sables granitiques (bitumes), les calcaires inférieurs et les couches de la Formation lagunaire traversés par les sondages du Jubal Kebir. L'imprégnation du calcaire de base est en relation avec la faille Est. Des traces de gaz (Pliocène) et de gaz avec pétrole (For-

mation lagunaire)ont été également constatées dans les sondages du Djaysum-Sud.

18. ABOU-CHAAR. — Le district d'Abou-Chaar se trouve sur la côte, à environ 40 kilomètres au S. S. E. de Djemsa. C'est une zone de collines mio-pliocènes comprise entre le plateau miocène au N. W. et les champs pétrolifères de Hurghada au S. E.

Grâce à la proximité du principal gisement pétrolifère d'Égypte situé à quelques dix kilomètres au S. E. (district de Hurghada) la succession de terrains composant le sous-sol d'Abou-Chaar est assez bien connue, mais la question d'âge de chaque niveau reste douteuse. Par comparaison avec d'autres régions, on peut dire que les terrains les plus anciens dont la présence a été constatée à Abou-Chaar sont miocènes. La série stratigraphique se présente comme suit. Un petit pointement *cristallin* visible sur le plateau miocène est le seul représentant de terrains antérieurs au Miocène. Le plateau lui-même est formé par des *calcaires récifaux* à fossiles sans valeur stratigraphique. La relation de cette formation (qui semble être à la base de la série miocène) avec d'autres terrains est mal déterminée à cause de la faille qui limite le plateau. Une bande étroite de *calcaire dolomitique* visible sur le bord N. E. du plateau et dépourvue de fossiles sépare le calcaire récifal de la *Formation gypseuse*. Cette dernière, riche en Diatomées, correspond à la *Formation lagunaire* de Hurghada; les grès calcaires qui séparent le Gypse inférieur du Gypse supérieur dans les coupes de sondages de Hurghada n'ont pas été rencontrés à Abou-Chaar, mais les deux Gypses sont présents. D'après Bowman ([9], p. 81), le Gypse supérieur serait, peut-être, déjà, d'âge « Plio-Miocène ». En ce qui concerne la zone pétrolifère proprement dite (plaine avec dômes située au S. E. du plateau), le Gypse est le terrain le plus ancien qui affleure au sommet de quelques dômes. Le sondage du « Dôme de la côte 50 » a trouvé un niveau à Globigérines à la base d'une série de marnes, gypse et sel; l'état roulé de ces fossiles ne permet pas d'affirmer l'existence de la *Formation à Globigérines* à ce niveau. *L'assise qui suit la Formation lagunaire* (dômes ou flancs de dômes) se compose d'une faible couche de marne verte salée à la base, de grès grossier au milieu (passant latéralement au calcaire sur la côte) et de graviers en haut; leur âge reste douteux (Miocène ou Pliocène). Une discordance importante sépare cette formation de la suivante qui commence par

un niveau à *Ostrea Virleti* DESHAYES, surmonté par des sables horizontaux à *Pecten Vasseli* FUCHS; leur âge est pliocène (Sicilien? [15], p. 101); la formation n'est visible qu'au S. E. du district. Les *Récifs coralliens* et sables à espèces récentes suivent la côte du Golfe (Quaternaire). Les graviers à éléments cristallins et calcaires proviennent de la décomposition des graviers anciens indiqués au-dessus de la Formation lagunaire.

La tectonique de surface est représentée par quelques dômes situés dans la plaine : 1° dôme inférieur de l'oued Um Deheis (formation gréseuse supragypseuse); 2° «Dôme du Jardin» (même formation). Ces deux dômes se trouvent dans la partie nord du district; les suivants occupent le coin S. E.; 3° «Dôme de la côte 50» (même formation avec un affleurement du Gypse); 4° dôme de la Colline Noire (même formation, avec un petit affleurement du Gypse au milieu et couches à *Pecten Vasseli* FUCHS à l'Est); 5° dôme S. E. (même formation); 6° le dôme supérieur de l'oued Um Deheis (même formation avec affleurement du Gypse) se trouve à l'Ouest. Il existe, peut être, encore un dôme plus à l'Est. Tous ces dômes plus ou moins complets, plus ou moins «fermés» (par rapport à la Formation lagunaire) appartiennent au même type : dômes salifères (36). En ce qui concerne la théorie de M. T. Bowman (9), il s'agit de la zone synclinale primitive à bombements superficiels de la Formation lagunaire très épaisse à l'Ouest du grand plateau. Il se peut que la zone côtière proprement dite corresponde au prolongement N. W. de l'anticlinal primitif cristallin de Hurghada. Le plateau miocène N. W., séparé de la plaine par une grande faille, correspond à un pli cristallin recouvert par les calcaires miocènes inférieurs qui représenteraient, d'après MM. Madgwick, Moon et Sadek (36), les rivages de la lagune correspondant à la plaine située au S. E.

Les travaux de forage (très peu importants, d'ailleurs), ont démontré l'existence de traces de pétrole dans toutes les roches de la Formation lagunaire ainsi que la présence de marnes carbonées appartenant à la même formation.

19. HURGHADA. — Les champs pétrolifères de Hurghada produisent la majeure partie du pétrole d'Égypte. Ils se trouvent au bord de la Mer Rouge un peu au Sud du district d'Abou-Chaar.

La série stratigraphique ressemble beaucoup à celle d'Abou-

Chaar avec cette différence que les sondages, plus profonds, y ont trouvé du Crétacé intercalé entre le cristallin et le Miocène. L'âge précis de divers terrains est mal défini. Les terrains sédimentaires les plus anciens recoupés par les sondages consistent en schistes gréseux et versicolores en haut, noirs ou rouges et carburés en bas, avec intercalations de grès. Leur âge serait *campanien*; ils reposent partout sur le *cristallin* par l'intermédiaire d'un *sable durci* ou d'un *grès* qui pourrait représenter soit le « *grès de Nubie* » du Crétacé, soit une couche d'érosion de surface du cristallin. Une discordance générale sépare le Crétacé du Miocène dont la série semble être complète. La *Formation de base* commence par un conglomérat suivi de marnes, puis de gypse et de calcaire; la faune est représentée par des Foraminifères (*Globigerina*, etc.). La *Formation à Globigérines* est représentée par des marnes au N. W. ou par des calcaires dolomitiques dans les deux anticlinaux principaux; ces derniers sont plus récents que les marnes. La *Formation lagunaire* se compose des assises suivantes (de bas en haut) : 1° Gypse principal (gypse massif, marnes gypseuses); 2° Grès calcaire (grès ou cailloutis d'origine cristalline cimentés, parfois, par du gypse ou du calcaire et avec intercalations fréquentes de marnes); 3° Gypse supérieur (gypses et marnes alternant). Cette formation est riche en Diatomées; le grès et cailloutis moyens correspondent aux alluvions fluviales de l'époque, ils manquent vers le N. W. Certains auteurs font passer la limite entre le Miocène et le Pliocène au-dessus du Gypse inférieur. Les assises suivantes reposent en discordance sur la Formation lagunaire inégalement érodée suivant les points de la région. Ce sont des *calcaires, grès et marnes* d'âge, peut-être, *pliocène*? Les dépôts *quaternaires* n'apparaissent qu'à l'Est de la faille principales (sables calcaires et grès); une discordance les sépare des terrains antérieurs.

Au point de vue tectonique le district de Hurghada proprement dit appartient au type d'anticlinaux à noyau cristallin caractérisé par un faible développement de formations miocènes. Il faut noter qu'à Hurghada le Crétacé n'a pas été entièrement érodé avant l'arrivée de la mer miocène. On y compte deux anticlinaux parallèles orientés S. E.-N. W. : *Anticlinal Occidental* ou *Principal* et *Anticlinal Oriental* situé au bord de la mer. D'après les sondages, l'axe de l'Anticlinal Principal légèrement ondulé plonge faiblement en direction N. W.; ce pli est coupé, du côté

S. E., par une grande faille N. S. Cette faille le sépare aussi de l'Anticlinal Oriental qui se trouve relativement plus bas que le Principal. Les formations les plus anciennes qui affleurent au voisinage de la crête de l'Anticlinal Occidental appartiennent au Gypse supérieur et au banc de grès et de cailloutis qui le supporte. La surface située à l'Est de la grande faille (compartiment affaissé, Anticlinal Oriental) est formée de dépôts quaternaires (sable calcaire, etc.).

Les sondages ont rencontré des indices de pétrole et de gaz dans toutes les formations crétacées et miocènes, mais les niveaux importants ne sont qu'au nombre de trois : 1° *Crétacé*; 2° *Base du Miocène*; 3° *Gypse inférieur*.

1° Parmi les niveaux crétacés c'est le sable recouvrant le Cristallin qui a été le plus riche en pétrole avant l'inondation partielle de cette couche. Les schistes crétacés donnent une bonne production, mais l'allure de ces niveaux est lenticulaire. Le Crétacé, en général, n'est productif que dans les limites de l'Anticlinal Principal; il se trouve inondé à l'Est de la grande faille.

2° Le niveau de base du Miocène est productif dans l'Anticlinal Principal et son prolongement N. W.; il est maintenant en partie inondé dans la bosse S. E. de l'Anticlinal.

3° Le Gypse inférieur contient deux niveaux productifs dans l'Anticlinal Principal et, surtout, dans l'Anticlinal Oriental. La richesse des niveaux, en général, diminue depuis le Crétacé vers le Gypse miocène.

20. ABOU-MINGARH. — Le dôme d'Abou-Mingarh se trouve au bord de la mer, à 5 kilomètres au Sud de l'Anticlinal Principal de Hurghada. Il appartient également au type d'anticlinaux à noyau cristallin. La surface est formée par du Quaternaire comme dans l'Anticlinal Oriental de Hurghada (compartiment affaissé à l'Est de la grande faille). Les sondages placés au sommet ont constaté le recouvrement du cristallin par la *Formation lagunaire* avec intercalation d'un calcaire récifal. Les Marnes à Globigérines et le Crétacé, préservés à Hurghada, manquent à Abou-Mingarh, du moins au sommet de l'anticlinal. La *Formation lagunaire* est riche en Diatomées. La série stratigraphique serait peut-être plus complète sur les flancs du dôme, mais l'inondation des niveaux pétrolifères de Hurghada y est à craindre.

21. ILE DE JIFTOUN KEBIR. — Cette île se trouve à 10 kilomètres à l'Est de Hurghada. Les affleurements sont formés par les terrains pliocènes et plus récents : calcaires roses à Mollusques et Polypiers avec grès et marnes. Le sondage profond d'environ 800 mètres a rencontré une série épaisse de gypse alternant avec des marnes et des petits graviers (Formation à Diatomées), située sous 140 mètres de calcaires roses, mais il n'a pas atteint la base de la Formation lagunaire. La prédominance de lits de graviers dans cette Formation contraste avec le gypse massif de Hurghada et rappelle la section de Dichet El Daaba. Les niveaux à Diatomées peuvent être comparés avec ceux de Hurghada et d'Abou-Chaar.

Au point de vue tectonique l'île de Jiftoun Kebir est un anticlinal faillé appartenant au type d'anticlinaux superficiels formés dans une zone syndinale primitive.

Aucun indice de pétrole n'a été constaté.

22. DICHET EL DAABA. — Le cap Dichet el Daaba est situé au bord de la Mer Rouge, à 20 kilomètres au Sud de Hurghada. Les terrains affleurant dans la région commencent par des calcaires, graviers et grès d'âge pliocène (couches à *Pecten Vasseli* FUCHS). Le sondage exécuté dans ce district a traversé aussi une bonne partie du Miocène bien différent de celui des régions situées plus au Nord et caractérisé par un *faciès littoral* avec quelques passages lagunaires dans sa partie supérieure. La coupe du Miocène, d'après le sondage, se présente comme suit (de bas en haut) : Arkose calcaire, calcaires dolomitiques avec marnes intercalées, alternance de calcaires dolomitiques avec gypse et anhydrite, grès avec sable et gravier. Cette série à faciès littoral correspond aux Marnes à Globigérines suivies de la Formation lagunaire dans d'autres régions.

La structure est représentée par un dôme faillé allongé S. S. E.-N. N. W.

Le sondage n'a rencontré que des traces de pétroles dans les calcaires alternant avec l'anhydrite (Miocène)

23. CÔTE OCCIDENTALE DE LA MER ROUGE ENTRE SAFAGA ET RANGA. — Une zone côtière orientée N. 63° W.-S. 63° E., longue de 280 kilomètres et large de 6-10 kilomètres est comprise entre la chaîne cristalline à l'Ouest et le bord de la mer absolument rectiligne et parallèle à l'Est. La région a fait l'objet de recherches géologiques pétrolières, mais les résultats exposés dans les deux rapports :

1° par MM. Hume, Madgwick, Moon et Sadek ([31] Safaga-Kosseir) et 2° par M. H. Beadnell ([5] Kosseir-O. Ranga), ont fait classer toute cette zone hors des champs pétrolifères d'Égypte, aucun indice de pétrole n'ayant été constaté à part « l'odeur de pétrole » dans les calcaires miocènes. La série stratigraphique est représentée par une succession régulière de terrains de plus en plus récents en allant de la chaîne cristalline à l'Ouest vers le bord de la mer à l'Est : Grès de Nubie (entre le cristallin et le Crétacé fossilifère d'âge indéterminé); calcaire à *Ostrea Villei* COQUAND avec couches de phosphate et un banc de grès à *Nucules* au sommet (Sénonien sup.); formation marneuse et schisteuse à *Pecten farafrensis* ZITTEL (Maestrichtien et étages suivants mal déterminés); calcaire nummulitique (Éocène); grès grossier, graviers et calcaire récifal (base de transgression datant ici du Miocène moyen); formation gypsifère se terminant par des marnes et des grès (Miocène); grès, gravier et, enfin, calcaire corallien récifal très riches en Mollusques et Oursins marins : *Apolymetis papyracea* GMELIN (connu sous le nom de *Tellina lacunosa* CHEMNITZ), *Pecten Vasseli* FUCHS, *Laganum depressum* AGASSIZ et beaucoup d'autres (Pliocène); terrasses soulevées graveleuses, en partie fluviatiles (Quaternaire); alluvions et autres formations actuelles. On remarque l'absence des termes inférieurs du Miocène (Burdigalien, Formation à Globigérines helvétique), en plus de la lacune oligocène. Cela s'explique par la situation géographique de la zone en question, la transgression du Miocène moyen ayant dépassé celle du Miocène inférieur en direction de la chaîne cristalline ancienne.

Au point de vue tectonique il s'agit d'un monoclinal général faiblement incliné vers la mer depuis la chaîne cristalline située au S. W. Les mouvements tectoniques post-pliocènes ont donné naissance aux plis secondaires (dans le Néogène) orientés S. S. E.-N. N. W. ou S. E.-N. W., parallèlement aux grandes lignes tectoniques.

V. — PÉTROLE.

Le pétrole et ses indices accessoires sont connus à peu près dans toutes les formations sédimentaires de la région, mais les niveaux relativement importants sont peu nombreux. Le pétrole

liquide se présente : 1° sous forme de suintements en rapport avec des failles (origine obscure) au dj. Tanka, à Abou-Durba, à Zeitia et à Ras Djemsah; 2° sous forme de couches pétrolifères reconnues par des sondages au dj. Tanka, à Abou-Durba, à Ras Djemsa et à Hurghada pour ne citer que les principales localités.

Les indices consistent en : imprégnation de pétrole, odeur de pétrole, gaz combustible, bitumes, schistes carburés, lignites, traces charbonneuses, soufre, etc.

La répartition stratigraphique et géographique du pétrole et de ses indices se présente comme suit.

La formation du *grès de Nubie*, d'âge inconnu sauf au sommet qui est crétacé, est généralement aquifère, mais contient quelques traces de pétrole ainsi que des lignites, des couches de charbon (dj. Tanka) et des schistes carburés (o. Matulla); le sommet du grès est imprégné en surface à Nezzazat et pétrolifère à Abou-Durba. Le sable granitique intercalé entre le granite et le Crétacé fossilifère est riche en pétrole à Hurghada, mais il serait difficile d'affirmer son équivalence avec le grès de Nubie. Une couche analogue est pétrolifère à Abou-Durba.

Le *Cénomanien fossilifère* situé au-dessus du faciès de grès de Nubie contient les plus importants indices du Sinai Septentrional (calcaire poreux imprégné à El Minchera), ainsi que des traces de pétrole et de gaz à Matulla et des lignites au dj. Tanka et à Matulla. Le faciès gréseux de sa base (en certains districts) a été rattaché au «grès de Nubie».

Le *Turonien* possède des traces de pétrole et des intercalations asphaltiques au dj. Tanka; du sable imprégné à Matulla et pétrolifère à Abou-Durba (au contact avec le grès de Nubie, faille?).

Le *Santonien* est légèrement pétrolifère à Matulla avec présence de schistes et de grès carburés, imprégnés de pétrole en affleurement.

Les terrains attribués au *Campanien* à Hurghada assurent la partie la plus importante de la production du district et de toute la région en général, surtout après l'inondation du niveau gréseux qui les sépare du substratum granitique. Ce sont des schistes gréseux ou carburés avec intercalations de grès. L'allure de différents niveaux est lenticulaire. Des schistes carburés ainsi que quelques traces de pétrole et de gaz ont été rencontrés au Campanien par les sondages de Ras Dib.

Le *Maestrichtien* est légèrement imprégné de pétrole avec du gaz à Ras Dib (sondages).

L'*Eocène* inconnu dans les zones anticlinales de la côte africaine possède des niveaux assez importants sur la côte N. E. du Golfe de Suez (Sinaï Occidental). Aucun indice n'a été observé dans l'*Eocène* du Sinaï Septentrional.

Le Calcaire nummulitique inférieur est imprégné à l'o. Gharandel.

Les Calcaires à *Cardita* sont imprégnés à l'o. Gharandel (Calcaire crayeux et Calcaire à *Cardita*) et au dj. Tanka.

Les Marnes Vertes légèrement imprégnées à l'o. Gharandel ont donné une petite production au dj. Tanka (marnes et calcaires).

Les Marnes à Gypse sont faiblement pétrolifères à l'o. Gharandel (calcaire crayeux).

Le *Miocène* est plus ou moins pétrolifère dans toute la région, mais surtout sur la côte africaine.

Des nombreux indices ont été constatés dans le Burdigalien du dj. Kochera.

L'Assise de base est imprégnée à Zeitia (calcaire); elle représente le deuxième niveau largement productif à Hurghada (dans l'ordre d'importance : après le niveau crétacé et avant le niveau de la Formation lagunaire); le calcaire dolomitique inférieur productif à Djemsah (jaillissements) se trouve intercalé entre le grès de base et la Formation lagunaire en absence de la Formation à Globigérines; son équivalence précise est difficile à déterminer. Traces de pétrole dans le niveau à *Aturia* du dj. Kochera.

Les Marnes à Globigérines ont donné quelques traces de pétrole à Zeitia et une faible quantité de pétrole à Ras Dib (banc de calcaire siliceux); les calcaires dolomitiques à rares Globigérines de l'île de Jubal Kebir faiblement imprégnés se placent sous la formation gypsifère et au-dessus du gravier granitique de base (âge incertain; peut-être équivalent au calcaire dolomitique de Djemsah); les graviers avec traces de pétrole rencontrés par les sondages de Ras Mohammed correspondent probablement à la partie inférieure des Marnes à Globigérines.

Le Gypse inférieur de la Formation lagunaire de Hurghada est le troisième niveau productif de ce district; le deuxième niveau productif de Djemsah (jaillissements), se trouve dans une couche d'argile de la Formation lagunaire. Des indices de pétrole (odeur) et des marnes carburées et charbonneuses, ont été constatés

dans cette formation à Abou-Chaar (différentes couches), dans les îles situées à l'Est de Djemsah, à Ras Dib (calcaires intercalés entre les gypses) et à Ras el Bahar (bitumes).

En ce qui concerne les *assises postérieures au gypse* (mais peut-être représentant l'équivalent arénacé de la partie supérieure de la Formation lagunaire), il faut noter les faibles traces de pétrole rencontrés à Ras Gharib. Les indices les plus nets et les plus à importants du dj. Kochera se trouvent à la base des couches à Nullipores. Les calcaires et argiles pliocènes sont pétrolifères à Djemsah.

Abstraction faite des petites quantités de pétrole extraites au dj. Tanka (Marnes Vertes éocènes) et à Abou-Durba (alternance d'argile et de sable au contact du Turonien avec le grès de Nubie sous-jacent), les niveaux productifs découverts par les sondages sont les suivants : 1° sable granitique d'âge incertain intercalé entre le granite et le Campanien (Hurghada); 2° Campanien? (Hurghada); 3° base des terrains miocènes (Hurghada); un autre niveau situé au-dessous de la Formation lagunaire miocène (Djemsah); 4° Formation lagunaire (Hurghada, Djemsah; les niveaux ne sont pas les mêmes dans les deux districts).

Chacun de ces niveaux n'est productif que dans un seul district. Il serait, par conséquent, difficile de savoir quel est le *niveau pétrolifère général* des gisements égyptiens? Certes, les niveaux miocènes appartiennent à des dépôts déjà très variés au point de vue répartition stratigraphique et géographique (bords de la mer miocène, oscillations répétées). Les terrains éocènes et crétacés possèdent une composition plus stable (sauf la limite supérieure du grès de Nubie qui est variable suivant le district), mais ils ont été inégalement et, parfois, complètement érodés, pendant l'Oligocène, dans les anticlinaux à noyau granitique; ou bien ils se trouvent à des profondeurs considérables dans les zones synclinales prémiocènes; dans ce dernier cas leur présence même est plus ou moins hypothétique et on ne sait pas si le fond des grands synclinaux a été ondulé en plis secondaires.

Il ne faut pas, enfin, oublier la présence de nombreuses failles souvent très profondes. Une telle faille limite la zone productive des niveaux crétacés à Hurghada. Dans d'autres cas les failles ont livré passage au pétrole profond qui a, par la suite, imprégné les terrains plus récents. La multiplicité de niveaux pétrolifères sans valeur commerciale provient probablement de ce fait. Il en

est, peut-être, de même en ce qui concerne les rares niveaux productifs miocènes. A Djemsah, le Miocène pétrolifère repose sur le noyau cristallin en absence de terrains intermédiaires. Le suintement du Petit Zeit se trouve dans une région où le Crétacé fossilifère et l'Éocène manquent. Il faudrait donc admettre une migration latérale d'assez grande envergure.

Notons, enfin, que les anticlinaux reconnus productifs à l'heure actuelle, appartiennent au type à noyau granitique.

VI. — TRAVAUX DE RECHERCHES ET D'EXPLOITATION.

L'exposé de ce chapitre est surtout basé sur les publications officielles du *Mines and Quarries Department* (Ministry of Finance, Egypt), indiquées dans la Bibliographie (Chap. VIII). Il faut particulièrement noter l'excellent travail de M. T. Bowman ([9], chap. II), qui a su reconstituer l'historique des premiers travaux pétroliers d'après les documents souvent contradictoires et incomplets.

Il serait difficile de dire à quelle époque a été découvert le pétrole en Égypte. On sait, du moins, que le massif granitique du djebel Zeit connu pour son suintement de pétrole portait le nom de *Mons Petroleus* du temps des Romains; son nom arabe signifie également : endroit pétrolifère. Mais l'idée d'entreprendre des recherches de pétrole en Égypte n'est venue qu'à la suite de la découverte d'un autre suintement dans une galerie creusée par la *Société Soufrière des Mines de Jemsah et de Ranga*, en 1868, à DJEMSAH. La Société a demandé aussitôt un permis de recherches pour le pétrole; le Gouvernement ayant refusé ce permis supplémentaire (la concession de 1863 ne concernait que le soufre), la Société a intenté un procès, mais la sentence a été rendue en faveur du Gouvernement (1883). Les premières recherches entreprises par le Gouvernement, en 1884, ont été exécutées par M. de Bay (de nationalité belge), qui a proposé d'entreprendre des travaux de forage au lieu de recherches par puits et galeries. Une équipe belge arrivée en 1885 a exécuté huit puits à main et trois sondages mécaniques à Djemsah et dans ses environs, sous

la direction de M. de Bay; le pétrole a été rencontré, mais en faible quantité (sondage n° 1 : 1-3 t. par jour). En 1886 le Gouvernement a remplacé l'équipe belge par une équipe américaine sous la direction de M. Tweddle secondé par M. Mitchell, Ingénieur-Géologue. Les Américains ont foré six puits dont cinq à Djemsah et un à ZEITIA S. E., à côté du suintement du Petit Zeit (1886-1887). Les résultats n'étaient pas meilleurs que les précédents et le Gouvernement a décidé d'abandonner les travaux (1888), après avoir dépensé £ E. 100.000 pendant la période 1885-1888.

Dix ans après, Sir Elwin Palmer et ses associés ont obtenu un permis pour la région de ZEITIA S. W. située à l'Ouest du Petit Zeit (1899). Les trois sondages forés en 1900 ont été assez profonds (n° 2 environ 900 m.), mais n'ont rencontré que des traces de pétrole. Les travaux étaient dirigés par M. Wanner.

Ainsi se termina la première période de recherches pétrolières.

C'était surtout une campagne de forages non basée sur des études géologiques suffisantes. Ni la série stratigraphique, ni la tectonique n'étaient assez connues à l'époque. Au point de vue extension géographique, les travaux n'ont été exécutés que dans les régions des deux suintements de la côte africaine (Ras Djemsah et Zeitia) voisines l'une de l'autre.

Ce n'est qu'en 1908 que l'*Egyptian Oil Trust* a repris les travaux de forage à DJEMSAH. Cette fois, une production a été obtenue presque aussitôt (1909) et, en 1914, le premier puits jaillissant a porté la production totale de l'année à 88.491 tonnes métriques. C'était un chiffre record et l'année suivante (1915), le gisement de Djemsah n'a donné que 13.144 tonnes métriques. Le régime des puits de Djemsah est caractérisé par une bonne production initiale suivie d'une inondation rapide. Le gisement, en général, semble être limité à la zone axiale du pli (deux niveaux productifs d'âge miocène).

Mais les recherches par forages ont commencé à s'étendre. Le premier puits du Sinaï Occidental a été commencé en 1910, dans la région du DJ. TANKA par le *Sinai Petroleum Syndicate*. Un autre puits a été exécuté dans la même région par le *Cairo Syndicate* (1910-1913), ainsi qu'un petit sondage commencé et terminé en 1912. Ces trois sondages, placés au voisinage du suintement sous-marin, ont rencontré quelques indices dans les terrains crétacés et ont donné une très petite production (1913 : 1 baril

par jour), à partir des Couches Vertes de l'Éocène. Les travaux ont été abandonnés en 1913.

C'est aussi en 1910 qu'ont été entrepris les nouveaux forages sur la côte africaine : 1° à RAS DIB : sondage de l'o. Dara exécuté par l'*African Prospecting Syndicate* (1910), sondage n° 1 de l'*Egyptian Oil Trust* (1911), sans résultat, sauf indices; 2° à ZEITIA S. E. : un sondage en 1910 et trois sondages en 1911 (*Egyptian Oil Trust*), miocène avec indices reposant sur le substratum cristallin; 3° à RAS EL BAHAR : deux sondages (1910-1912) exécutés par l'*Oilfields of Egypt, Ltd*, Formation lagunaire avec indices; 4° dans les îles de JUBAL : trois sondages en 1910, deux sondages en 1911 et un sondage en 1913, par l'*Eastern Petroleum Company*, imprégnations dans le calcaire dolomitique miocène; 5° dans l'île de DJAYSOUN : deux sondages exécutés par l'*African Prospecting Syndicate* (1910-1912), indices dans la Formation lagunaire miocène et dans le Pliocène.

En 1912, l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.* a commencé un puits à ZEITIA S. W. (terminé en 1914) : indices de pétrole dans la Formation à Globigérines et dans le calcaire de base (Miocène). La même année, la *Suez Oil Company* a commencé l'exploration de l'île de RANIM : un sondage exécuté au cours des années 1912-1914 (pas d'indices).

L'année 1913 a marqué une date importante dans l'histoire de l'industrie pétrolifère d'Égypte : début des travaux de forage de l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.*, à HURGHADA devenu le plus important champ pétrolifère d'Égypte. Le succès de ce nouveau district est dû à la découverte de niveaux productifs dans le Crétacé, mais les niveaux miocènes ont également contribué au développement de la production obtenue dans ce district. La production a été de 11.189 tonnes métriques en 1914; elle s'est élevée à un chiffre de 276.868 tonnes métriques en 1918. Il faut cependant noter que l'inondation des niveaux miocènes et du sables supragranitique, pourtant très riches en pétrole, a empêché d'obtenir une production plus considérable.

En 1914, l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.* a entrepris l'exploration de la région de DICHET EL DAABA située à 20 kilomètres au Sud de Hurghada, mais le sondage a rencontré une série miocène à faciès littoral, bien différente de celle de Hurghada (quelques traces de pétrole et de gaz). Les travaux ont été abandonnés en 1916.

Le Gouvernement s'est intéressé activement aux travaux d'exploration et un vaste programme de recherches géologiques a été mis en exécution sur la côte africaine et en Sinaï. Les résultats de ces travaux systématiques et méthodiques ont été publiés par le Gouvernement sous forme de bulletins dès 1920. L'étroite collaboration de géologues d'État et de géologues de compagnies a permis d'établir la géologie locale de différents districts et de coordonner les résultats obtenus. Ce dernier problème n'est pas encore résolu entièrement, surtout en ce qui concerne les niveaux stratigraphiques du Néogène et les discordances locales ou générales.

En 1918, les premiers puits, peu profonds, ont été engagés par le Gouvernement sur la côte du Sinaï Occidental, à ABOU-DURBA, au voisinage des affleurements imprégnés (Turonien-Grès de Nubie). Dix forages plus profonds ont été exécutés entre 1919 et 1923. Les résultats obtenus n'ont pas été brillants (175 t. m. de pétrole en 1921) malgré la bonne nature lithologique des terrains et, certainement, à cause de l'absence d'une couverture suffisante des couches pétrolifères.

En 1919, le Gouvernement a également procédé à l'exécution d'un forage à NEZZAZAT, sur le prolongement probable du pli cristallin d'Abou-Durba. Le sondage a rencontré le grès de Nubie aquifère et sans traces de pétrole.

En 1920, l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.*, a placé un sondage dans l'île de JIFTOUN KEBIR situé à 10 kilomètres à l'Est de Hurgghada, afin de s'assurer si ce dernier gisement se prolongeait vers l'Est. Le résultat a été, malheureusement, analogue à celui de Dichet el Daaba : formation miocène différente de celle de Hurgghada (beaucoup de gravier fin, absence de traces de pétrole).

En 1921, beaucoup de nouvelles régions ont fait l'objet de recherches par forages sur la côte est du Golfe de Suez et à Ras Gharib (côte africaine). La *D'Arcy Exploration Company* a exécuté un sondage (1921-1922) à BIR ABOU KITIFA (quelques traces dans les Marnes à Globigérines miocènes recouvrant l'Éocène ; mauvaise nature lithologique). La *British Sinai Petroleum Company, Ltd.* a engagé quatre sondages (n^{os} 1, 2, 2a, 3) à l'OUED MATULLA (traces dans tous les terrains crétacés jusqu'au grès de Nubie aquifère). Le sondage de l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.* exécuté à RAS MOHAMMED (pointe S. E. du Sinaï) n'a rencontré que quel-

ques traces dans les sables et graviers granitiques miocènes. La même société a foré un puits à Ras GHARIB sans plus de succès (formation arénacée miocène avec quelques traces). Quelques anciennes régions ont été reprises. L'*Oilfields of Egypt* a exécuté trois nouveaux forages à Ras DIB; une faible quantité de pétrole a été obtenue des Marnes à Globigérines miocènes ainsi que quelques traces dans le Crétacé. L'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.*, a repris ses travaux à ZEITIA S. W. en plaçant le « sondage de Ras el Uch n° 1 » plus au Nord, entre le dj. Zeit et le Petit Zeit (un peu à l'Ouest de l'axe commun de ces deux massifs) Le sondage a été arrêté dans le grès de Nubie aquifère. La *Batavia Oilfields, Ltd.* a repris le sondage de l'île de RANIM (de 1912) pour l'arrêter définitivement En 1923, faute d'indices de pétrole.

L'exploration d'autres régions a été commencée en 1922. L'*Eastern Petroleum and Finance Company, Ltd.* a exécuté deux forages dans la région de l'OUED GHARANDEL; les travaux n'ont pas été assez profonds pour résoudre le problème du pétrole crétacé dans ce district. Le Gouvernement a commencé l'exploration d'ABOU-CHAAR situé au N. W. du champ productif de Hurghada (sans résultats positifs). La région de Ras EL BAHAR a été reprise par l'*Oilfields of Egypt, Ltd.* (traces de pétrole dans la Formation lagunaire très épaisse).

En 1923, l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.* a placé un sondage à HABACHI, à l'Est du Petit Lac Amer et au Nord d'Abou-Kitifa. Ce sondage a confirmé les résultats négatifs obtenus à Abou-Kitifa (pas d'indices dans le Miocène, présence de l'Éocène qui aurait augmenté considérablement les épaisseurs à traverser pour atteindre le Crétacé). Par ailleurs, les travaux ont été poursuivis dans les anciennes régions.

Pendant les années suivantes la marche de travaux d'exploration s'est ralentie considérablement et l'intérêt principal de l'*Anglo-Egyptian Oilfields* s'est concentré sur la mise en valeur du gisement de Hurghada. La production de pétrole à Djemsah n'était guère brillante depuis le maximum obtenu en 1914; le gisement a commencé à s'épuiser rapidement et, vers 1923, le chiffre de production est tombé au-dessous de 1.000 tonnes par an. La production à Abou-Durba n'a jamais été importante. D'après les statistiques officielles ([9] « Additional Note on Production » par H. SADEK, Controller, Department of Mines and Quarries),

la production totale de pétrole en Égypte se présentait comme suit, fin 1930 :

TONNES ANGLAISES.			
Hurghada	{	Champ principal 2.376.669	} 2.831.751
	{	Champ Nord 418.024	
	{	Champ Est 37.058	
Djemsah			182.870
Abou-Durba			7.069
TOTAL			<u>3.021.690</u>

L'année suivante, c'est-à-dire en 1931, la production annuelle a atteint le chiffre record d'environ 285.000 tonnes métriques (provenant presque entièrement de Hurghada) et n'a pas cessé de diminuer depuis, sauf une légère reprise en 1936. Au cours de cette année l'*Anglo-Egyptian Oilfields, Ltd.* a foré 6.858' contre 4.750' de l'année 1935 (Hurghada), mais sur cinq puits nouveaux un seul a donné des résultats satisfaisants (Anticlinal Oriental).

Il a fallu se rendre à l'évidence : l'unique gisement important commençait à s'épuiser et le Gouvernement a décidé de prendre des mesures énergiques afin d'obtenir un nouveau développement des travaux de recherches à grande échelle. Une nouvelle législation pétrolière, parue l'an dernier, a produit un effet immédiat : de nombreuses compagnies américaines et anglaises sont maintenant en possession des permis de recherches et les travaux ont déjà commencé non pas seulement dans l'ancienne zone du Golfe de Suez et de la Mer Rouge, mais aussi en Sinaï Septentrional (Canal de Suez et Côte méditerranéenne) et dans une région tout à fait nouvelle s'étendant entre Le Caire et Alexandrie ; les permis accordés sur la côte africaine de la Mer Rouge prolongent l'ancienne zone de prospection jusqu'à Ras Benas (parallèle 24°).

Il faut espérer que la nouvelle période qui s'ouvre donnera des résultats favorables à l'industrie pétrolifère d'Égypte.

VII. — CONCLUSIONS.

En se basant sur les données exposées aux chapitres précédents on peut dire que le problème des recherches pétrolifères en Égypte est fort complexe. Nous avons, d'un côté : une large

répartition géographique des régions plus ou moins pétrolifères, une large répartition stratigraphique des terrains à indices de pétrole ou franchement pétrolifères, une grande quantité de dômes et d'anticlinaux favorables à l'accumulation du pétrole et, enfin, le bénéfice des efforts conjugués du Gouvernement et des compagnies dans le domaine de forages et de recherches géologiques très consciencieuses, méthodiques et dégagés de l'esprit regrettable qui consiste à garder pour soi les données acquises. D'un autre côté... une production qui ne correspond pas aux résultats que l'on pouvait espérer obtenir.

La première période de recherches mise à part, il faut reconnaître que les sondages n'étaient pas placés au hasard, mais d'après les études géologiques préliminaires exécutées par des géologues spécialisés. Exception doit être faite pour quelques forages placés trop près des suintements ou des affleurements de terrains imprégnés. Mais, en général, les plans des travaux étaient bien conçus et ce n'est pas de ce côté qu'il faudrait chercher la cause principale de certains échecs.

En ce qui concerne les conditions naturelles des gisements le problème dépend des facteurs suivants : 1° nature de la roche-mère; 2° voies de migration; 3° nature de la roche-réservoir; 4° résultats des mouvements tectoniques (plis et failles); 5° préservation du gisement; 6° profondeurs actuelles de la roche-magasin.

Tous ces facteurs dépendent, à l'origine, des phases tectoniques, car la nature lithologique des roches est en rapport étroit avec les conditions de faciès caractérisant l'époque de sa formation (mer profonde, zone littorale, lagunes, etc.); les voies de migration et les conditions favorables à la conservation d'un gisement dépendent des failles, de la succession de strates, du degré d'érosion ancienne pendant les phases d'exondation. Les profondeurs de gisements dépendent aussi, à un certain degré, de l'érosion actuelle.

Certes, malgré les travaux d'exploration très étendus il serait prématuré de généraliser, outre mesure, les données acquises, mais on peut, néanmoins, envisager quelques explications concernant l'ensemble des régions prospectées.

1° En admettant l'origine organique du pétrole comme certaine (végétale et animale), la formation d'hydrocarbures ne peut se produire qu'en présence d'une quantité considérable de matière première résultant de l'accumulation de restes de végétaux ou

d'animaux morts sur place ou apportés d'un proche continent avec les produits d'érosion. Les roches carbonées et bitumineuses ont été rencontrées à peu près dans tous les terrains de la région depuis le « grès de Nubie » jusqu'au Miocène, mais surtout au Crétacé qui contient aussi des intercalations de lignite et de charbon. Le Miocène marneux est riche en Foraminifères et Poissons. Le faciès lagunaire miocène présente les meilleures conditions pour l'accumulation de la matière organique provenant de la destruction de la faune par les variations multiples de la salure des eaux. Le matériel organique continental a pu être apporté dans la zone marine à faciès côtier au Crétacé (époque variable suivant la région) ou au Miocène. Il serait donc difficile d'admettre l'existence d'un *seul* niveau de roche-mère pour toute la série stratigraphique. On pourrait, toutefois, exclure l'Éocène calcaire et donner un certain privilège aux terrains crétacés.

2° En ce qui concerne les voies de migration possibles, les failles nombreuses et profondes (trois directions principales) caractérisent tous les gisements de la région. Leur rôle dans la répartition du pétrole est prouvé en maints districts. Les suintements et les imprégnations de surface sont en relation avec les fractures et les dykes de roches intrusives. Le champ pétrolifère éocène, très restreint (Gharandel-Tanka), doit certainement son existence aux failles (pétrole provenant du Crétacé). En facilitant la dispersion du pétrole les failles ont contribué à l'épuisement des gisements primitifs. Pour les géologues qui admettent la migration de pétrole à travers les argiles le pétrole miocène aurait pu venir du Crétacé sous le simple effet de la pression orogénique.

3° Parmi les roches poreuses susceptibles d'absorber le pétrole en quantité appréciable (grès, gravier, certains calcaires et dolomies), seul le grès de Nubie forme une assise puissante. En ce qui concerne les terrains plus récents ils ne contiennent que des couches relativement peu épaisses de grès, de gravier, de sable, de calcaire ou de dolomie (bien entendu il s'agit des calcaires et des dolomies suffisamment poreux). Il faut y ajouter l'assise de sables ou de grès recouvrant parfois, en profondeur, la surface érodée des granites et provenant de leur décomposition sur place. Ce sont, là aussi, des intercalations locales. Aucune des roches-mères mentionnées ci-dessus et au chapitre « Pétrole » ne semble former un niveau productif *général* pour la région. Le champ productif de Hurghada en donne un exemple : toutes les tentatives de ren-

contrer les niveaux pétrolifères autour de ce champ sont restées vaines. Le grès de Nubie (type) situé à la base de la série stratigraphique s'est révélé pratiquement stérile et aquifère. Les grandes variations locales de faciès caractérisent les terrains miocènes (zone côtière ou lagunaire). La formation arénacée recouvrant parfois le granite a donné du pétrole à Hurghada et à Abou-Durba, mais sa répartition est bien localisée.

4° Les deux phases orogéniques principales (fin Éocène et Pliocène), ont donné naissance à un très grand nombre d'anticlinaux et de dômes aussi bien sur la côte africaine qu'en Sinaï. La reconnaissance de plis en profondeur est souvent gênée par la tectonique visible en surface car les premiers plis orientés *grosso modo* N. W.-S. E. ont été modifiés par les mouvements postérieurs (poussée orthogonale venue immédiatement après et phase pliocène). Ce n'est là qu'un inconvénient secondaire et le nombre appréciable d'anticlinaux aurait pu rendre la région pétrolifère d'Egypte fort productive s'il n'y avait pas un autre facteur négatif ayant contribué à la disparition d'une bonne partie du pétrole accumulé dans ces dômes. (érosion oligocène).

5° L'alternance d'assises poreuses et de couches protectrices compactes est fréquente dans la série stratigraphique de la région, mais l'ensemble de ces formations a subi l'effet d'une érosion considérable des sommets des dômes et des anticlinaux. L'Éocène et, parfois, tout le Crétacé ont disparu des charnières des plis de la côte africaine avant l'arrivée de la mer miocène. Le cas de Hurghada constitue une des exceptions heureuses et son champ « crétacé » est bien limité. Les régions du Sinaï sont brisées par des failles profondes qui ne manquent pas sur la côte africaine, non plus. La dispersion « stratigraphique » des indices de pétrole et les imprégnations de surface confirment l'idée de la contribution des fractures à la destruction de gisements.

6° Les niveaux productifs exploités jusqu'à présent ne sont pas très profonds ; le premier niveau (Formation lagunaire miocène) de Djemsah se trouve à environ 200 mètres ; la profondeur moyenne du niveau de base (Crétacé) de l'anticlinal principal de Hurghada est d'environ 500 mètres. Ce sont là des profondeurs raisonnables en ce qui concerne les frais de forage, mais, malheureusement, cela signifie aussi que la superficie exploitable est réduite à la zone axiale, élevée de l'anticlinal.

Les difficultés naturelles se résument donc ainsi : disparition

d'une partie de niveaux pétrolifères prémiocènes, variations fréquentes et locales du faciès du Miocène, morcellement des dômes et des anticlinaux par des failles. Il se peut que la nouvelle période de recherches qui vient d'être commencée découvre des dômes plus profonds et bien conservés. La partie ouest du Sinaï Septentrional n'est connue qu'en surface; des plis crétacés pétrolifères peuvent s'y trouver sous l'épais manteau de terrains miocènes et éocènes. Cette partie de la région a subi l'effet de la poussée orthogonale masqué, en surface, par les plis pliocènes N. W.-S. E.

Qu'il me soit permis, à la fin de cette note, de rappeler que la science géologique a largement bénéficié de ces travaux de recherches entrepris dans des buts industriels, mais exécutés par des géologues de valeur et dirigés par des chefs qui n'ont pas hésité à publier les résultats géologiques obtenus. Il faut souhaiter que les nouvelles explorations soient menées dans le même esprit. L'Industrie en profitera autant que la Science.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE.

1. — Report on the Mineral Industrie of Egypt. *Mines and Quarries Department. Min. of Fin. Egypt*, 50 p., 1 carte, Cairo, 1922.
2. J. BAROIS. — Note sur le pétrole de la Mer Rouge. *Bull. Inst. Egyptien*, 2^e sér., n° 7, p. 90-101, 7 pl., Le Caire, 1886 (1887).
3. T. BARRON et W. HUME. — Topography and Geology of the Eastern Desert of Egypt. Central portion, 331 p. avec pl., Cairo, 1902.
4. J. BARTHOUS (1). — Chronologie et Description des Roches ignées du désert arabique. *Mém. Inst. Égypte*, t. V, 262 p., 14 pl., 3 cartes, Le Caire, 1922.
5. H. BEADNELL. — Report on the Geology of the Red Sea Coast between Qoseir and Wadi Ranga. *Petrol. Research*, Bull. n° 13, 37 p., 5 pl., 1 carte, Cairo, 1924.
6. M. BLANCKENHORN. — Die Vola-Arten des aegyptischen und syrischen Neogens. *N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, Beil.-B. XVII, p. 163-186, pl. XIII-XIV, Stuttgart, 1903.
7. T. S. BOWMAN. — Report on boring for oil in Egypt. Section I. Government Petroleum Research Operations, 67 p., 12 pl. et car., Cairo, 1925.
8. T. S. BOWMAN. — *Id.* Section II., Sinai, 91 p., 16 pl. et car., Cairo, 1926.
9. T. S. BOWMAN. — *Id.* Section III. Eastern Desert and Adjoining Islands, 353 p., 39 pl. et car., Cairo, 1931.
10. A. BRIGHTON. — Echinoidea in The Geologie of the Farsan Islands, Gizan and Kamaran Island, Red Sea, part. 3. *Geol. Mag.*, v. LXVIII, p. 323-333, London, 1931.
11. COUYAT-BARTHOUS et H. DOUVILLÉ. — Le Jurassique dans le désert à l'est de l'isthme de Suez. *C. R. S. Ac. Sc.*, t. 157, n° 4, p. 265-268, Paris, 1913.
12. L. COX. — Notes on the Post-Miocene Ostreidae and Pectinidae of the Red Sea Region, with Remarks on the Geological Significance of their Distribution. *Proc. Malac. Soc.*, t. XVIII, p. 165-209, pl. XI-XIII, London, 1929.
13. L. COX. — Molluscan Palaeontology in (voir ° 10), part. 2. *Geol. Mag.*, v. LXVIII, p. 1-13, London, 1931.
14. DEPÉRET et FOURTAU. — Sur les terrains néogènes de la Basse-Égypte et de l'isthme de Suez. *C. R. S. Ac. Sc.*, t. 131, p. 401-403, Paris, 1900.
15. Ch. DEPÉRET et F. ROMAN. — Monographie des Pectinidés Néogènes de l'Europe et des régions voisines. I^{re} partie : genre Pecten (supplément). *Mém. Soc. Géol. Fr., Paléontologie* (Mém. n° 26), t. XIII, fasc. 2, p. 75-104, pl. VI-VIII, Paris, 1905.

(1) Voir aussi COUYAT-BARTHOUS.

16. DOLLFUS et DARTZENBERG. — Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire. I^{re} partie : Pélécypodes (suite). *Mém. Soc. Géol. Fr., Paléontologie* (Mém. n° 27), t. XI, fasc. 3-4, p. 107-167, pl. XIV-XVIII, Paris, 1904.
17. H. DOUVILLÉ. — Description des Rudistes de l'Égypte. *Mém. Inst. Égypte*, t. VI, fasc. iv, p. 237-256, pl. XIV-XVII, Le Caire, 1912.
18. H. DOUVILLÉ. — Les terrains secondaires dans le massif du Moghara à l'est de l'isthme de Suez, d'après les explorations de M. Couyat-Barthoux. *Paléontologie. Mém. Ac. Sc.*, t. 54, 2^e sér., 184 p., 21 pl., Paris, 1916.
19. H. DOUVILLÉ. — Le progrès de la géologie en Égypte. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 210-211, Paris, 1921.
20. H. DOUVILLÉ et COUYAT-BARTHOUX. — Le massif du Moghara, à l'est de l'isthme de Suez. *C. R. S. Ac. Sc.*, t. 159, p. 565-570, Paris, 1914.
21. R. FOURTAU. — Contribution à l'étude de la faune crétacique d'Égypte. *Bull. Inst. Égypt.*, 349 p., 5 pl., Le Caire, 1904.
22. Th. FUCHS. — Die geologische Beschaffenheit der Landenge von Suez. *Denkschr. K. Ak. Wissensch.*, t. 38 (1877), 2^e Abt., p. 25-42, pl. I-III, Wien, 1878.
23. W. HUME. — The Topography and Geology of the Peninsula of Sinai (South-Eastern Portion), 280 p., 23 pl., Cairo, 1906.
24. W. HUME. — The Effects of Secular Oscillation in Egypt during the Cretaceous and Eocene Periods. *Qual. Jour.*, v. LXVII, p. 118-148, London, 1911.
25. W. HUME. — Report on the Oilfields Region of Egypt, 103 p., 23 pl., Cairo, 1916.
26. W. HUME. — Some Notes on the Post-Eocene and Post-Miocene Movements in the Oilfields Region of Egypt. *Geol. Mag.*, N. S., dec. VI, v. IV, p. 5-9, London, 1917.
27. W. HUME. — Recent Researches on the Tertiary and Mesozoic Formations in Egypt and Sinai. *C. R. XIII^e sess. (1922) Congrès Géol. Intern.*, 2^e fasc., p. 865-872, Liège, 1925.
28. W. HUME, T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary general report of the occurrences of petroleum in Western Sinai. *Petrol. Research, Bull.* n° 2, 15 p., 5 pl. et 2 car., Cairo, 1920.
29. W. HUME, T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on gebel Nezzazat (Western Sinai). *Petrol. Research, Bull.* n° 3, 8 p., 1 pl., 2 car., Cairo, 1920.
30. W. HUME, T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on gebel Tanka Area. *Petrol. Research, Bull.* n° 4, 16 p., 8 pl., 2 car., Cairo, 1920.
31. W. HUME, T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on the Quseir-Safaga District particularly the Wadi Mureikha area. *Petrol. Research, Bull.* n° 5, 15 p., 2 pl., 2 car., Cairo, 1920.
32. W. HUME, T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on South Zeit Area. *Petrol. Research, Bull.* n° 7, 24 p., 6 pl., 1 car., Cairo, 1920.

33. W. HUME, T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on Abu Durba (Western Sinai). *Petrol. Research*, Bull. n° 1, 20 p., 5 pl., 2 car., Cairo, 1921.
 34. O. LITTLE. — Note on the Neogene formations of Egypt along the Northern part of the Red Sea. *C. R. XIII^e sess. (1922) Congrès Géol. Intern.*, 2^e fasc., p. 981-989, pl. XV, Liège, 1925.
 35. W. MACFADYEN. — General Geologie in (voir n° 10), part. 1. *Geol. Mag.*, v. LXVII, p. 310-315, London, 1930.
 36. T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on the Abu Shaar el Qibili (Black Hill) District. *Petrol. Research*, Bull. n° 6, 11 p., 1 pl., 2 car., Cairo, 1920.
 37. T. MADGWICK, F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on Ras Dib Area. *Petrol. Research*, Bull. n° 8, 13 p., 7 pl., 1 car., Cairo, 1920.
 38. F. MOON et H. SADEK. — Topography and Geology of Northern Sinai. Part. I. Session 1919-1920. *Petrol. Research*, Bull. n° 10, 154 p., 9 pl., 2 car., Cairo, 1921.
 39. F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on Wadi Gharandel Area (North of Gebel Hammâm Faraûn, Western Sinai). *Petrol. Research*, Bull. n° 12, 42 p., 1 pl., 2 car., Cairo, 1923.
 40. F. MOON et H. SADEK. — Preliminary geological report on Gebel Koshera Area (Western Sinai). *Petrol. Research*, Bull. n° 9, 35 p., 2 pl., 3 car., Cairo, 1925.
 41. R. B. NEWTON. — Pleistocene Shells from the Raised Beach Deposits of the Red Sea. *Geol. Mag.*, N. S., Dec. IV, v. VII, p. 500-514 et 544-560, pl. XX-XXII, London, 1900.
 42. P. RANGE. — Die Geologie der Isthmuswüste. *Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch.*, 72^e B., n° 8/10, p. 233-242, Berlin, 1920.
 43. H. SADEK. — The Distribution of the Jurassic Formation in Egypt and Sinai. *C. R. XIII^e sess. (1922) Congrès Géol. Intern.*, 2^e fasc., p. 1039-1048, Liège, 1925.
-

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 3 mars 1938.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

CH. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

G. ROUSSY.



